DANE

DIRECCIÓN DE CENSOS Y DEMOGRAFÍA -DCD-

COORDINACIÓN DE PROYECCIONES Y ANÁLISIS DEMOGRÁFICO

ACTUALIZACIÓN DE PROYECCIONES DE POBLACIÓN Y ESTIMACIONES DEMOGRÁFICAS (POST COVID19) PARA MEDELLIN

DOCUMENTO METODOLÓGICO
PROYECCIONES DE POBLACIÓN DE MEDELLÍN 2018-2030

AGOSTO de 2024

RESUMEN

Este ejercicio de actualización presenta las proyecciones poblacionales para Medellín, enfocándose en el periodo 2020-2030, con el objetivo de ajustar las estimaciones demográficas en respuesta a los efectos significativos de la pandemia de COVID-19. Utilizando el método de relación de cohortes y técnicas de suavización bayesiana, se desglosan las proyecciones por sexo y grupos de edad para las 21 comunas y 5 corregimientos de la ciudad.

Las proyecciones iniciales, realizadas en 2020, estimaban que la población alcanzaría 2.927.890 habitantes para 2030, partiendo de una base de 2.427.129 habitantes según el Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV) de 2018. Sin embargo, al incorporar los efectos de la pandemia, la nueva proyección se ajusta a 2.705.382 habitantes, evidenciando una reducción de 222.508 personas. Este cambio resalta la necesidad de actualizar las proyecciones a nivel de comunas y corregimientos, donde las dinámicas demográficas pueden variar significativamente debido a factores socioeconómicos.

La realización de estas proyecciones es esencial para optimizar la planificación de políticas públicas en áreas como salud, educación y servicios urbanos. Este enfoque proporciona una comprensión más precisa de las transformaciones demográficas en Medellín, lo cual es crucial para anticipar las necesidades futuras y ajustar las estrategias de desarrollo urbano y rural de manera efectiva.

1. INTRODUCCIÓN

Las proyecciones de población permiten conocer el volumen y las características de la población de un territorio, lo que es fundamental para la planificación territorial y la prestación de servicios públicos, ya que permite dimensionar adecuadamente los proyectos de infraestructura y servicios, definir prioridades de inversión y formular estrategias alineadas con las necesidades futuras. Además, la dotación y localización de equipamientos sociales deben ajustarse a la demanda real, garantizando que la oferta de servicios se corresponda con la estructura por edad y sexo de la población. Asimismo, es esencial para establecer un modelo de ocupación del territorio que mejore las condiciones de vida, y para identificar tensiones entre la dinámica poblacional y las dinámicas económicas, sociales y ambientales[1], lo que permite tomar decisiones oportunas en los planes territoriales. Ignorar estos elementos poblacionales puede resultar en desajustes significativos entre la oferta y la demanda de servicios públicos, afectando así el bienestar de la población.

El Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) ha proporcionado proyecciones de población a nivel nacional periodo 2020-2070, departamental periodo 2020-2050 y municipal periodo 2020-2035, fundamentales para la planificación de políticas públicas en áreas como la distribución de recursos, infraestructura y servicios. Sin embargo, estas proyecciones, aunque útiles, no responden plenamente a la necesidad de contar con datos desagregados para áreas menores como comunas, corregimientos y barrios, donde las dinámicas demográficas pueden variar significativamente dentro de un mismo municipio. La disponibilidad de proyecciones de población más detalladas permitiría a los gobiernos locales planificar con mayor precisión, ajustando sus estrategias de desarrollo urbano, salud pública y educación para responder adecuadamente a las particularidades de cada territorio.

En respuesta a esta necesidad, durante los años 2020 y 2024[2], el Departamento Administrativo de Planeación de Medellín, a través de su Subdirección de Prospectiva, Información y Evaluación Estratégica, firmó con el DANE los convenios específicos de cooperación técnica ***90987 y 36745***, con el objetivo de obtener las proyecciones poblacionales desagregadas por comunas y corregimientos de la ciudad, y de esta manera contar con más información para el análisis demográfico a nivel local.

Los efectos inmediatos y directos de la pandemia de COVID-19 en Colombia se reflejaron drásticamente en las tasas de mortalidad y fecundidad. En 2018, la tasa de mortalidad en Colombia era de aproximadamente 6.2 muertes por cada 1,000 habitantes. Con la llegada de la pandemia en 2020, esta tasa se vio afectada significativamente, alcanzando picos de más de 500 muertes diarias en 2021, lo que contribuyó a un aumento general en la tasa de mortalidad. Este incremento fue particularmente notable en la primera mitad de 2021, cuando el impacto del COVID-19 fue más severo. Asimismo, en 2018, la tasa de fecundidad en Colombia se situaba en 1.95 hijos por mujer y, como efecto de la pandemia, durante el

[1] N. Rubiano, J. A. Castro. "El modelo BIT PASE para la planeación territorial con perspectiva poblacional". Universidad Externado de Colombia. Biblioteca. EAP. Bogotá 2019. 118 páginas.

[2] Para el año 2023 el DANE realizó una actualización de las proyecciones de población que reflejan los efectos post COVID-19 en los componentes demográficos (fecundidad, mortalidad y migración), estas proyecciones fueron calculadas con base en los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda - CNPV- 2018.

primer trimestre de 2021 se registraron 140,090[3] nacimientos a nivel nacional, lo que representó una reducción del 3.8% (5,529 casos menos) en comparación con el mismo periodo de 2020. La tendencia a la baja en la fecundidad continuó, con la tasa global disminuyendo a 1.4 hijos por mujer en 2022, reflejando un descenso sostenido en el número de nacimientos en el contexto de la pandemia.

Las proyecciones de población para Medellín, elaboradas antes de la pandemia, estimaban un crecimiento significativo en los próximos años. Sin embargo, estas estimaciones no consideraron los efectos disruptivos de la crisis sanitaria, que impactó de manera considerable los patrones de mortalidad y migración. Al incorporar estos nuevos factores en el análisis actual, se ajustaron las proyecciones, reflejando una disminución notable en la población esperada. Esta reducción ilustra no solo las consecuencias demográficas de la pandemia, sino también los cambios en las dinámicas migratorias que han influido en la estructura poblacional de la ciudad. Además, esta situación resalta la necesidad de revisar y actualizar las proyecciones demográficas a nivel de comunas y corregimientos, donde las variaciones pueden ser más marcadas debido a las particularidades socioeconómicas y a las tasas de crecimiento específicas de cada zona.

A nivel técnico, la metodología utilizada en este estudio aplicó técnicas de proyección basadas en el método de R cohortes, lo que permitió ajustar los supuestos sobre fecundidad y mortalidad en función de la información más reciente. Estos ajustes son fundamentales para garantizar que la planificación urbana y los servicios públicos respondan de manera adecuada a las necesidades poblacionales reales, especialmente en contextos de incertidumbre como el generado por la pandemia.

Para asegurar la comparabilidad de los resultados entre las proyecciones del 2023 y las del presente estudio para las comunas y corregimientos de Medellín, se adoptó la misma estrategia metodológica establecida en dos pasos. El primero que consiste en la estimación de fecundidad y mortalidad del área mayor a través del Método de TOPALS y en segundo, que consiste en las proyecciones a través del Método de relación de las cohortes –R cohortes- con ajuste bayesiano, obteniendo una combinación simbiótica con un abordaje puramente demográfico a partir de R cohortes de Duchesne y una aproximación a partir de un modelo bayesiano empírico que minimiza las limitaciones del método R cohortes relacionadas con las fluctuaciones excesivas en el cálculo de los factores diferenciales de crecimiento.

Este documento contiene una introducción y la justificación del presente estudio; continúa con la descripción de los métodos aplicados para la proyección de la población en comunas y corregimientos de Medellín (Método TOPALS y proyecciones con modelo R Cohortes con ajuste Bayesiano) y finaliza con la descripción general de los principales resultados obtenidos.

[3] DANE, Estadísticas vitales de nacimientos y defunciones, CUADRO 1 - Nacimientos por área de ocurrencia y sexo, según grupos de edad de la madre, total nacional, Primer Trimestre Año 2021, preliminar - (Nacimientos ocurridos y reportados por la fuente, entre el 1 de enero y el 31 de marzo de 2021). Fecha de actualización: 25 de junio de 2021.

2. JUSTIFICACIÓN: ACTUALIZACIÓN DE LA PROYECCIONES DE POBLACIÓN

Los efectos inmediatos y directos de la pandemia de COVID-19 en la población de Colombia fueron sustanciales, generando una alteración profunda en la estructura demográfica del país. Desde marzo de 2020, el impacto de la crisis sanitaria provocó más de 6 millones de casos confirmados en nuestro país y, en el año 2021, se registraron aproximadamente 363,075 muertes, lo que representó un aumento del 48.6% en comparación con las cifras de 2019[4]. Este incremento en la mortalidad, especialmente acentuado en las personas mayores de 60 años, mostró un aumento del 49.6% en este grupo etario, afectando significativamente la esperanza de vida de los colombianos, que retrocedió a niveles comparables a los del año 2006. La elevada mortalidad, particularmente asociada a la tercera edad, implicó una reconfiguración inmediata de la estructura etaria, reduciendo la proporción de adultos mayores en relación con otros grupos de edad. Si necesitas más cambios o ajustes adicionales, ¡no dudes en decírmelo!.

Además, la pandemia aceleró la tendencia descendente en la fecundidad que Colombia ya venía experimentando. Se estima que para el año 2030, la Tasa Global de Fecundidad se ubicará en 1.59 hijos por mujer, lo que supone una reducción de 0.11 puntos respecto a lo proyectado antes de la pandemia. Este descenso en la fecundidad refleja no solo los efectos económicos y sociales del COVID-19, sino también cambios en las decisiones reproductivas, con un aplazamiento o cancelación de los planes de tener hijos debido a la incertidumbre generada por la pandemia. Las proyecciones indican que, a medida que la población de mujeres en edad reproductiva disminuye y la tasa de fecundidad se mantenga baja, se producirá un envejecimiento acelerado de la población, lo que acentuará la reducción del crecimiento poblacional en las próximas décadas.

A la amplia evidencia sobre los efectos directos sobre la mortalidad y la fecundidad, se suman también los argumentos de cómo los flujos migratorios experimentaron alteraciones significativas debido a la pandemia de COVID-19, lo que ha modificado la dinámica poblacional no solo a nivel global sino también en Colombia. La reducción temporal de la movilidad, tanto a nivel interno como internacional, interrumpió los patrones migratorios preexistentes, afectando tanto la migración laboral interna como la llegada de migrantes internacionales, en particular de países vecinos como Venezuela. La migración ha sido un componente clave del crecimiento demográfico en los últimos años, especialmente con la afluencia masiva de migrantes venezolanos desde 2015. Sin embargo, la pandemia ralentizó este proceso, impactando el volumen total de población, ya que la migración había compensado parcialmente la reducción en la fecundidad y el envejecimiento poblacional.

Los tres componentes demográficos principales —mortalidad, fecundidad y migración— han interactuado de manera compleja, afectando no solo el crecimiento total de la población, sino también su estructura por edad y sexo para ese periodo especifico de la pandemia. El aumento de la mortalidad, especialmente en los grupos de edad avanzada, ha llevado a una disminución en el número total de personas mayores,

[4] DANE. Dirección de Censos y Demografía. proyecciones de población con la actualización post COVID-19 calculadas con base en los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda - CNPV- 2018. Marzo 2023. Consultado en página Web: https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion

lo que contribuye a un cambio en la composición etaria del país. Al mismo tiempo, la disminución en la tasa de fecundidad, impulsada por factores como la incertidumbre económica y social, ha reducido la proporción de jóvenes en la población. La migración, que había desempeñado un papel importante en rejuvenecer la estructura etaria del país, también se ha visto afectada. Aunque el saldo migratorio internacional mostró un incremento notable después de 2018, impulsado principalmente por la migración venezolana, la pandemia redujo este flujo en el corto plazo. No obstante, se proyecta que hacia 2070, bajo un escenario conservador, este saldo migratorio podría estabilizarse en niveles cercanos a cero[5].

La convergencia de estos factores generó la necesidad de actualizar las proyecciones de población a nivel país, dado que los efectos combinados de la pandemia han reconfigurado la estructura demográfica a largo plazo. Este nuevo panorama tiene implicaciones directas para las políticas públicas en áreas como salud, educación, empleo y seguridad social, ya que la disminución del crecimiento poblacional y el envejecimiento de la población requerirán un rediseño en la planificación de recursos y servicios. Por ello, se ha llevado a cabo la actualización de las proyecciones de población para Colombia, no solo a nivel nacional, departamental y municipal, sino que también se hace necesaria la actualización de las proyecciones para áreas menores, como comunas y corregimientos de la ciudad de Medellín. Esta actualización permitirá a la Alcaldía de Medellín anticipar las necesidades futuras y ajustar sus políticas de manera adecuada para gestionar los desafíos demográficos que se avecinan.

[5] Ibid., DANE 2023

3. MARCO CONCEPTUAL DE LAS PROYECCIONES

Para entender el contenido del documento, es esencial reconocer que las proyecciones de población son estimaciones sobre cómo evolucionará la población en un área determinada. Estas proyecciones se basan en tendencias demográficas pasadas y actuales, así como en supuestos relacionados con factores como la natalidad, la mortalidad y la migración. Según Villacis[6], describe estas proyecciones como "estimaciones de escenarios hipotéticos de la evolución demográfica de un país o una región específica".

También, son un conjunto de resultados provenientes de cálculos relativos a la evolución futura de una población, partiendo usualmente de ciertos supuestos respecto al curso que seguirá la fecundidad, la mortalidad y las migraciones. Las proyecciones de población se sustentan en hipótesis muy probables sobre el comportamiento futuro de las componentes demográficas (IUSSP, 1985, Rincón, 2004).

En ese sentido, las proyecciones se orientan a producir cifras de población y otros resultados demográficos que se utilizan como insumos básicos para el diseño y ejecución de programas por parte de los sectores públicos y privados.

Los principales objetivos de las proyecciones de población son:

1) Establecer los escenarios de evolución de la población desagregados por edad y sexo, juntamente con los indicadores que se derivan de las proyecciones nacionales, departamentales y municipales y por sectores particulares como base analítica e instrumental para la orientación del estado en la toma de decisiones, programación, gestión de evaluación de actividades.
2) Entregar una visualización de lo que puede ser la población futura en términos de su tamaño, composición por sexo y edad, así como las transformaciones estructurales que ocurren a lo largo del tiempo, siendo esto central para organizar y atender las demandas cambiantes de los distintos grupos a través de programas sectoriales.
3) Identificar a través de un modelo determinado, los efectos cuantitativos de factores contingentes, por ejemplo, los cambios en las variables demográficas, en sus componentes.
4) Las proyecciones permiten constatar las hipótesis formuladas en el momento de la realización de la proyección frente a la realidad y de esa forma evaluar el efecto de las modificaciones deseadas o efectos de los cambios demográficos.

Métodos de proyecciones

Las proyecciones de población son herramientas fundamentales en la planificación demográfica, estas proyecciones están sustentadas en diversos métodos. La elección entre uno u otro depende de las características de la información estadística que se encuentre disponible y la posibilidad de suplir con ella los insumos que cada método requiere.

[6] B. Villacis. "Proyecciones de población: un estudio comparativo". Sector de Instituciones para el Desarrollo División de Innovación para Servir al Ciudadano. Banco Interamericano de Desarrollo. Agosto de 2019. 53 páginas.

1) **Matemáticos:** Uno de los enfoques más utilizados para las proyecciones de población es el método de extrapolación, que se basa en datos históricos de censos y estadísticas vitales. Este método utiliza funciones matemáticas para modelar el crecimiento poblacional. Entre las funciones más comunes se encuentran:
   a) **Modelo Lineal:** Se expresa como $\boldsymbol{Y = a + bX}$, donde Y representa la población proyectada, a es la población inicial, b es la tasa de crecimiento y X es el tiempo. Este modelo asume que la población crece a un ritmo constante.
   b) **Modelo Exponencial:** Representado por $Y = a \cdot e^{bX}$, este modelo sugiere que la población crece de manera proporcional a su tamaño, lo que significa que a medida que la población aumenta, el crecimiento también lo hace. Este modelo es útil en contextos donde se espera un crecimiento acelerado.
   c) **Modelo Logístico**: Este modelo toma en cuenta la capacidad de carga del entorno, es decir, el límite máximo que la población puede alcanzar en un espacio determinado. Se expresa como $\mathrm{P(t)} = \frac{\mathrm{K}}{1 + \frac{\mathrm{K} - P_0}{P_0} e^{-rt}}$, donde K es la capacidad de carga, P_0, es la población inicial, r es la tasa de crecimiento y t es el tiempo. Este modelo es más realista para poblaciones humanas, ya que considera factores limitantes en el crecimiento.
   d) Según el Manual de métodos y estimaciones de población, Manual III: Métodos para preparar proyecciones de población por sexo y edad, publicado por Naciones Unidas en el año 1956, el método más simple para estimar el tamaño futuro de una población consiste en tomar un número reciente de individuos y aplicar una tasa de crecimiento supuesta a lo largo del tiempo. Esta tasa puede basarse en el crecimiento histórico de la población en cuestión o en tasas observadas en poblaciones similares. Los cálculos se realizan considerando el crecimiento natural, que se obtiene restando las defunciones de los nacimientos, y ajustando este resultado por el saldo migratorio (diferencia entre inmigración y emigración). Estos métodos se denominan "matemáticos" porque se centran en formular ecuaciones que expresan las tasas como funciones del tiempo, en lugar de considerar factores específicos que puedan influir en la tendencia demográfica. La principal característica distintiva de una proyección matemática es que los cálculos se aplican a la población total, sin segmentar por características como sexo o edad, aunque existen técnicas subsidiarias que permiten desagregar estas cifras proyectadas en función de diferentes atributos demográficos. Estos métodos pueden clasificarse en dos grandes categorías: métodos globales y métodos desagregados. Los métodos globales proporcionan una visión general de la población total, mientras que los métodos desagregados permiten analizar subgrupos específicos, como por edad y sexo.

2) **Económicos:** se centra en la interrelación entre las variables demográficas y los factores económicos que influyen en el crecimiento y la estructura de la población. Este enfoque considera que las proyecciones poblacionales no solo dependen de las tasas de natalidad, mortalidad y migración, sino también de las condiciones económicas, como el empleo, el ingreso y las políticas

públicas. A través de este método, se busca entender cómo los cambios en la economía pueden afectar la dinámica poblacional, proporcionando así un marco más integral para la planificación y la toma de decisiones.

Para llevar a cabo proyecciones económicas, se utilizan modelos que integran datos históricos de la población y variables económicas. Estos modelos pueden ser deterministas o probabilísticos, y permiten simular diferentes escenarios futuros basados en supuestos sobre el comportamiento de las variables económicas. Por ejemplo, se pueden analizar los efectos de un aumento en la tasa de empleo sobre la fecundidad, o cómo una recesión económica podría influir en la migración. Además, las proyecciones económicas son fundamentales para evaluar la capacidad productiva de un país y las necesidades básicas de su población, lo que a su vez impacta en la planificación de recursos y servicios en áreas como salud, educación y vivienda.

El crecimiento poblacional está intrínsecamente vinculado a las condiciones económicas, ya que tanto la mortalidad como la fertilidad son sensibles a estos cambios. Asimismo, la migración se ve afectada por las oportunidades económicas: los inmigrantes tienden a trasladarse a áreas con mejores perspectivas laborales, mientras que los emigrantes abandonan lugares con limitadas oportunidades. Los gobiernos pueden influir en estos movimientos migratorios y en el crecimiento natural de la población mediante incentivos económicos y políticas disuasorias.

Las proyecciones basadas en métodos "económicos" son especialmente adecuadas para regiones con alta movilidad migratoria y donde se están estableciendo nuevas industrias que impulsan la economía local. En estos casos, la capacidad de la industria para absorber mano de obra se convierte en un factor clave para el crecimiento demográfico. Este enfoque también se aplica a áreas industriales donde se anticipan cambios significativos en las oportunidades de empleo. Factores como el desarrollo de viviendas, los ingresos, la educación y el estatus social son igualmente relevantes para entender el crecimiento demográfico futuro en estas regiones[7].

3) **Demográficos:** se basa en el análisis de los componentes fundamentales que determinan el cambio poblacional: natalidad, mortalidad y migración. Este enfoque permite entender cómo las variaciones en estos factores influyen en la evolución de la población a lo largo del tiempo. El método más comúnmente utilizado en este contexto es el "método de los componentes", que se fundamenta en la ecuación compensadora, la cual relaciona los nacimientos, las defunciones y los saldos migratorios netos para calcular la población futura.

   Para llevar a cabo las proyecciones, se inicia con una población base, que puede ser el total de individuos clasificados por sexo y edad, registrados en un censo reciente el cual se debe ajustar atendiendo a la no cobertura calculada previamente. A partir de esta cifra, se aplican las tasas de fecundidad y mortalidad esperadas, así como las tasas de inmigración y emigración, para cada periodo proyectado. Este proceso implica la formulación de diferentes escenarios que contemplan variaciones en las tasas demográficas, permitiendo así evaluar el impacto de posibles cambios en

[7] United Nations, O. "Manual III: Methods for Population Projections by Sex and Age". En U. Nations, Manuals on methods of estimating population. Department of Economic and Social Affairs. New York. 1956.

las condiciones sociales y económicas. Es importante señalar que las proyecciones demográficas conllevan un grado de incertidumbre, el cual aumenta a medida que se extiende el horizonte temporal de la proyección. Por ello, es recomendable realizar revisiones periódicas y ajustar las proyecciones conforme se disponga de nueva información y se observen cambios en las tendencias demográficas

a) **Método de componentes brutos:** Este método estima la población total de las áreas menores a partir de la proyección de las tasas brutas de natalidad, mortalidad y migración, por lo cual requiere de la información de los nacimientos, las defunciones y las migraciones.
b) **Método de migración – sobrevivencia:** este método proyecta la población por sexo y edad, tomando el efecto de la migración y la mortalidad en forma conjunta, calculando las "relaciones de sobrevivencia" que resultan de comparar la población por sexo y edad de cada subárea en dos censos consecutivos. Sin embargo, con este procedimiento solo se es posible proyectar la población de diez años y más (cuando el periodo intercensal es de 10 años) por lo tanto la población menor de diez años se debe utilizar otro procedimiento.
c) **Método de los componentes:** el método de los componentes es el procedimiento demográfico más sofisticado, con el cual se obtiene porción de población por sexo y edad.[8]

   Con este procedimiento se proyecta cada uno de los componentes del crecimiento poblacional: fecundidad, mortalidad y migración en dos aspectos, su nivel y su estructura por edad.

d) **El método de relación de cohortes de Duchesne con ajuste bayesiano:** El método de la relación de las cohortes es un método demográfico que pertenece a la familia de métodos de componentes de cohortes (Gonzaga et al., 2018; González et al., 2012) utilizado para la proyección de poblaciones por edad y sexo en pequeñas áreas, en ese sentido se puede considerar como una adaptación del método de las componentes para las áreas menores. Sin embargo, debido a la inestabilidad de los eventos demográficos en las áreas menores se aplica un estimador bayesiano empírico para reducir la inestabilidad de las estimativas de los factores diferenciales de crecimiento (k) del método en las áreas menores.

   En consecuencia, el método de relación de cohortes de Duchesne con ajuste Bayesiano es un método simbiótico que toma prestado de los métodos de proyecciones clásicos el raciocinio demográfico y de la estadística bayesiana supuestos y herramientas que permitan controlar la alta variabilidad de las proyecciones en áreas menores.

   La lógica demográfica del método se sustenta en la medida de razón de cambio de las cohortes o razón de sobrevivencia intercensal, es decir el cambio en el tamaño de la población en la cohorte de edad por sexo entre los dos censos.

[8] MP. Granados. Técnicas de proyecciones de población de áreas menores aplicación y evaluación. Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía (CELADE). Serie, B-55. 7 de junio,1988

i) Las tendencias demográficas de las áreas menores son similares a las del área mayor, tomando en consideración las diferencias de esas variables observadas para el período intercensal.
ii) Sobre la fecundidad el método considera que las áreas menores conservarán durante todo el período de la proyección, el mismo diferencial de fecundidad observado en cada una de ellas respecto al área mayor al momento del último censo.
iii) Los factores de crecimiento diferencial K que se obtiene originalmente para el período intercensal, se suponen constantes para todos los quinquenios de la proyección, es decir que la mortalidad y la migración mantendrán el mismo comportamiento diferencial entre las áreas menores y la división administrativa mayor.

Finalmente, la elección del modelo adecuado dependerá de las características específicas de la población en estudio y de los objetivos de la proyección. La combinación de diferentes métodos y la validación continua de los resultados son prácticas recomendadas para mejorar la precisión de las proyecciones demográficas. Es importante señalar que las proyecciones demográficas conllevan un grado de incertidumbre, el cual aumenta a medida que se extiende el horizonte temporal de la proyección. Por ello, es recomendable realizar revisiones periódicas y ajustar las proyecciones conforme se disponga de nueva información y se observen cambios en las tendencias demográficas. Este método es esencial para la planificación y formulación de políticas públicas, ya que proporciona datos cruciales para anticipar las necesidades de servicios y recursos en distintas áreas, como salud, educación y vivienda.

Población base y periodo de proyección

La población base sobre la cual se establecen las proyecciones es un componente esencial que determina la calidad y precisión de éstas, independientemente del método utilizado. En el caso específico de proyecciones para subdivisiones geográficas menores, como municipios o comunas, es posible utilizar dos enfoques: tomar como base la población registrada en el último censo o partir de una estimación poblacional para una fecha de referencia, usualmente el 30 de junio de un año terminado en 0 ó 5. En este segundo caso, se recomienda que el procedimiento para determinar dicha población inicial sea similar al empleado para establecer el punto de partida de la proyección del área mayor, es decir, del municipio o departamento al que pertenece la subdivisión[9]. De esta manera, se busca asegurar la coherencia y consistencia entre las proyecciones a diferentes niveles geográficos.

La población inicial de la proyección del área mayor, en este caso Medellín fue precisada por el DANE de la siguiente manera: "población que ha sido previamente evaluada y corregida tanto en la declaración de

[9] L. Duchesne. "Proyecciones de población por sexo y edad para áreas intermedias y menores". Centro Latinoamericano de Demografía. Santiago de Chile, Diciembre Serie A. N 187. Septiembre de 1988.

la edad y sexo como en la cobertura del tamaño poblacional, es decir, en nivel como en estructura y que es el punto de partida de las proyecciones de población[10].

[10] DANE. Dirección de Censos y Demografía. Coordinación de Proyecciones de Población y Análisis Demográfico. "Metodología general de proyecciones de población y estudios demográficos. Bogotá. Marzo - 2021.

4. MÉTODOS PARA PROYECCIONES DE POBLACIÓN

El proceso de elaboración de las proyecciones de población de las comunas y corregimientos de Medellín contiene dos pasos, un primer paso relacionado con la organización de los insumos necesarios para llevar a cabo el ejercicio una vez definida la metodología a ser aplicada. Y un segundo paso las proyecciones como tal.

Para el desarrollo del primer paso –organización de los insumos para la proyección- fue necesario calcular y estimar y proyectar para Medellín las tasas de fecundidad y mortalidad para el período de la proyección 2018- 2030. El método utilizado para las proyecciones de fecundidad y mortalidad de Medellín fue: Tool for Projecting Age Patterns using Linear Splines TOPALS. Y para realizar las proyecciones poblacionales de comunas y corregimientos se utilizó el método de relación de cohortes de Duchesne con ajuste bayesiano.

5.1. Método de estimación de fecundidad y mortalidad para Medellín: Tool for projecting age patterns using linear splines –TOPALS

El método de TOPALS es un método de estimación que toma dos características centrales de los métodos de estimación demográficos de fecundidad y mortalidad. Una es un método relacional y dos, que el ajuste a ese patrón estándar se hace a través de una función spline, que tiene como ventaja que al ser un modelo no paramétrico los datos se ajustan mejor porque este ajuste se hace a partir de la estructura de los datos observados y no de los parámetros que ya están en el modelo estándar. En ese sentido TOPALS es un método más flexible que Brass y Gompertz relacional y produce un mejor ajuste vía una función de spline lineal.

Suponemos que se proporciona una estructura de edad estándar de tasas de fecundidad o de mortalidad (patrón). Entonces el perfil de edad de un país o región determinada se puede estimar sobre la base de las proporciones de las tasas de fecundidad/mortalidades específicas por edad de ese país (valores observados) y las de la estructura de edad estándar (patrón).

La razón de tasas a la edad x es

$$r(x) = \frac{f(x)}{\dot{f}(x)}$$

En donde, $\dot{f}(x)$ es la tasa de fecundidad o mortalidad a la edad x de acuerdo con el patrón de edad estándar, y el patrón de las tasas puede ser descrito por una función de spline lineal por partes, y las edades a las que se conectan los sucesivos segmentos lineales que se denominan nudos.

El modelo puede ser estimado de diferentes formas, una, la edad puede ser fijada a priori, sobre la base de una inspección visual del patrón de la razón de tasas. O se pueden elegir de tal manera que el ajuste de los datos al spline lineal sea óptimo.

Las tasas de fecundidad específicas por edad se estiman multiplicando las razones que se estiman mediante la función spline lineal por las tasas de fecundidad específicas por edad de acuerdo con el esquema de edad modelo $\dot{\boldsymbol{f}}(\boldsymbol{x})$:

$$\hat{\mathrm{f}}(\mathrm{x}) \;=\; \hat{\mathrm{r}}(\mathrm{x})\,\dot{\mathrm{f}}(\mathrm{x})$$

Una vez estimada la fecundidad y la mortalidad es posible usar las razones de las tasas estimadas $r(x)$ para hacer las proyecciones sobre los valores futuros de la fecundidad y la mortalidad específica por edad a través de una función de serie de tiempo asumiendo que las razones de tasas se mueven hacia 1.

$$r(\mathrm{x})_{\mathrm{t}} - 1 = \emptyset[\mathrm{r}(\mathrm{x})_{\mathrm{t}-1} - 1] + \epsilon_{\mathrm{t}}$$

En donde

- $r(\mathrm{x})_{\mathrm{t}}$Es la razón de las tasas en el año t.
- 0 ≤ ∅ ≤ 1
- ϵ_{t}Es un término aleatorio con $\mathrm{E}\,(\epsilon_{\mathrm{t}}) = 0$.

Este modelo asume que los valores de $r(\mathrm{x})_{\mathrm{t}}$ están más cerca de 1 que el valor de $r(\mathrm{x})_{\mathrm{t}-1}$.

La velocidad a la que se mueve $r(\mathrm{x})$ hacia 1 depende del valor de ∅ . Si ∅ es bajo $r(\mathrm{x})_{\mathrm{t}}$ se moverá rápido hacia 1, si ∅ *es cercano a* 1 $r(\mathrm{x})_{\mathrm{t}}$ se moverá más lento hacia a 1. Y por último si $\emptyset = 1$ la ecuación anterior será una caminata aleatoria y $r(\mathrm{x})_{\mathrm{t}}$ no converge a 1

5.2. El método de relación de cohortes de Duchesne

El método de relación de cohortes, propuesto por Duchesne (1989), es una variante del método de cohortes componentes que facilita la obtención de datos para áreas menores en diversos países o regiones. Su lógica demográfica se fundamenta en la tasa de cambio de cohorte o tasa de supervivencia intercensal, que mide el cambio en la población de una cohorte de edad entre dos censos, generalmente decenales, y puede ser específica por sexo[11].

Este método requiere proyecciones por grupos de edad y quinquenios para el área mayor, que se elaboran preferentemente mediante el método de componentes demográficos. Se basa en dos parámetros clave: a) el coeficiente de crecimiento de las cohortes de edad en el área mayor, y b) el factor de crecimiento diferencial de las cohortes de edad en áreas menores en comparación con las cohortes correspondientes

[11] F. H. M. Freire, M. R.Gonzaga, & M. M. F. Gomes. "Projeções populacionais por sexo e idade para pequenas áreas no Brasil". Revista Latinoamericana De Población, Vol 14 Núm 26, 124–149. 2019 https://doi.org/10.31406/relap2020.v14.i1.n26.6

en el área mayor. En términos generales, el algoritmo de proyección se formula a partir de una ecuación que incluye adaptaciones para el primer y último grupo de edad.

Según Duchesne, una vez que se dispone de las proyecciones para las áreas mayores, se efectúan estimaciones o proyecciones para las zonas intermedias y menores con métodos sencillos y sin entrar en el estudio de los componentes del cambio demográfico a causa de las deficiencias de las fuentes de datos, del gran número de áreas y de la pequeñez de sus poblaciones.

El método de R cohortes proyecta por quinquenios, sexo y grupo quinquenal utilizando los siguientes algoritmos, de acuerdo con el grupo de edad de la población identificándose tres: uno, para la población menor de cinco años, uno para la población de 5 a 80 años y otro para la población en los grupos de edad mayor de 80 años:

a) **Para menores de 5 años:**

$$5^{N}\,o^{t+5} = B^{t,t+5} * P_b^{t,t+5} * K_b^{t,t+5}$$

b) **Entre 5 y 80 años**

$$5^{N}{}_{x+5}^{t+5} = 5^{N}{}_{x}^{t} * 5^{CR}{}_{x}^{t,t+5} * 5^{K}{}_{x}^{t,t+5}$$

para x= 0, 5, 10,.....70

c) **Población de 80 años y más:**

$$N\ {}_{80y+}^{t+5} = N\ {}_{75y+}^{t} * CR\ {}_{75y+}^{t,t+5} * K\ {}_{75y+}^{t,t+5}$$

En donde

$B^{t,t+5}$ es el total de nacimientos ocurridos en el área menor entre los momentos t y t+5

$P_b^{t,t+5}$ es relación de sobrevivencia al nacimiento del área mayor del periodo t, t+5

$K_b^{t,t+5}$ es el índice de crecimiento diferencial al nacimiento de un área menor respecto de la mayor durante el periodo t, t+5

$5^{N}{}_{x}^{t}$ es la población inicial del grupo quinquenal de edades x, x+5 del área menor en el momento t

$5^{CR}{}_{x}^{t,t+5}$ es el coeficiente de crecimiento del área mayor, correspondiente al grupo quinquenal de edades x, x+5 en el momento t que alcanza las edades x+5, x+10 en el momento t+5

${}_5K_b^{t,t+5}$ es el índice de crecimiento diferencial (K) del área menor con respecto a la mayor, correspondiente al grupo quinquenal de edades x, x+5 en el momento t y que alcanza las edades x+5, x+10 en el momento t+5

${}_5N_{x+5}^{t+5}$ es la población del grupo quinquenal de edades x+5, x+10 en el momento t+5

5.3. Estimación del coeficiente de crecimiento del área mayor

Considerando que se dispone de una proyección de población para el área mayor que prevé la evolución de la fecundidad, la mortalidad y las migraciones para el conjunto de áreas por proyectar, es necesario tomar en cuenta la evolución de la población de esta área por cohortes, lo cual se logra mediante el cálculo de coeficientes de crecimiento por cohortes (CR) y sexo a través de la siguiente relación

$$ {}_5CR_x^{t,t+5} = \frac{{}_5R_{x+5}^{t+5}}{{}_5R_x^t} $$

Donde

${}_5R_{x+5}^{t+5}$ es la población del área mayor del grupo de edades x+5, x+10 del año t+5

${}_5R_x^t$ es la población del área mayor del grupo de edades x, x+5 del año t

Este parámetro constituye una relación que contiene la mortalidad y la migración del área mayor y, por su forma de cálculo, se refiere a la población con edades comprendidas entre x y x+5 en el momento t, que alcanza las edades entre x+5 y x+10 en el momento t+5.

5.4. Índice de crecimiento diferencial para mayores de cinco años

El crecimiento poblacional de áreas menores entre dos censos consecutivos no coincide necesariamente con el del área mayor a la que pertenecen, lo que hace necesario establecer un índice o factor que cuantifique el diferencial de crecimiento de cada cohorte en estas subdivisiones.

El índice de crecimiento diferencial se puede calcular de dos maneras: mediante la relación entre los coeficientes de crecimiento de la subdivisión y los del área mayor, o a partir de las proporciones observadas en dos censos consecutivos, que se asume están separados por un intervalo de cinco años.

$$ {}_5k_x^{t,t+5} = \frac{\left[\frac{{}_5N_{x+5}^{t+5}}{{}_5N_x^t}\right]}{\left[\frac{{}_5R_{x+5}^{t+5}}{{}_5R_x^t}\right]} \text{ ó } {}_5k_x^{t,t+5} = \frac{\left[\frac{{}_5N_{x+5}^{t+5}}{{}_5R_{x+5}^{t+5}}\right]}{\left[\frac{{}_5N_x^t}{{}_5R_x^t}\right]} $$

Donde

$5^{N}{}_{x}^{t}$ es la población del área menor del grupo de edades x, x+5 en el primer censo

$5^{N}{}_{x+5}^{t+5}$ es la población del área menor del grupo de edades x+5, x+10 en el segundo censo

$5^{R}{}_{x}^{t}$ y $5^{R}{}_{x+5}^{t+5}$ son las poblaciones del área mayor para los mismos grupos de edades en el primer y segundo censo, respectivamente

Estos dos parámetros CR y K permiten obtener la población mayor de cinco años, porque para el cálculo de la población de 0 a 4 años se utilizan las tasas de fecundidad y las relaciones de sobrevivencia al nacimiento correspondientes al área mayor, más el cálculo de un factor referido a los nacimientos Kb.

5.5. Índice de crecimiento diferencial para menores de cinco años

Para el cálculo de la población menor de cinco años se utiliza el índice diferencial de fecundidad (IDF) entre cada una de las áreas menores y el área mayor a partir de los datos censales, los que, al relacionarse con la estructura de la fecundidad para el área mayor, conducen a una estimación del número de nacimientos que ocurren en cada quinquenio de la proyección.

El IDF se calcula a partir de la composición por sexo y por edad observada al momento del último censo, tanto para las áreas menores como para la mayor. Operacionalmente es el cociente entra la relación niños-mujeres de cada área menor y la correspondiente a la mayor.

Sean,

5^{N_0} Es población menor de cinco años observada en el último censo para el área menor i

$25^{NF_{15}}$ Es la Población femenina con edades entre 15 y 49 años del área menor i.

Entonces

$$RNM_i = 5^{N_0} / 25^{NF_{15}}$$

En donde,

RNM_i Es la relación niños-mujeres del área menor para el segundo censo.

Obteniéndose cada una de estas RNM tanto para las áreas menores (i) como para el área mayor (m), y los IDF se calculan:

$$IDF_i = RNM_i / RNM_m$$

Una vez estimados los IDF_i es factible conocer el nivel de fecundidad expresada en términos de la Tasas Global de Fecundidad (TGF) para cada una de las áreas menores, a partir de la siguiente operación:

$$TFG_i^{t,t+5} = IDF_i * TFG_m^{t,t+5}$$

En donde;

- $\boldsymbol{TFG_i^{t,t+5}}$ Es la tasa global de fecundidad del área menor i, que corresponde al quinquenio t, $t + 5$
- $\boldsymbol{IDF_i}$ Es el índice diferencial de fecundidad del área menor i para el último censo
- $\boldsymbol{TFG_m^{t,t+5}}$ Es la tasa global de fecundidad del área mayor en cada uno de los quinquenios t, $t + 5$ de la proyección del área mayor.

La relación utilizada para estimar las tasas específicas de fecundidad para las áreas menores se define así:

$$5f_x^{t,t+5}(i) = \left[5f_x^{t,t+5}(m)\right] * TFG_i^{t,t+5}$$

En donde:

- $\boldsymbol{5f_x^{t,t+5}(i)}$ Es la tasa específica de fecundidad femenina por grupos de edad entre x y $x + 5$, para el período t, $t + 5$, correspondiente al área menor i.
- $\frac{\boldsymbol{5f_x^{t,t+5}(m)}}{\boldsymbol{TFG^{t,t+5}(m)}}$ Es el porcentaje que representa la tasa específica de fecundidad del grupo de edades x, $x + 5$ del área mayor para el período t, $t + 5$, respecto de la TGF para el mismo período.
- $\boldsymbol{TFG_i^{t,t+5}}$ Es la TGF del área menor i, para el período t, $t + 5$.

Teniendo ya calculadas las TEF en cada una de las áreas menores i, se estiman los nacimientos a partir de aplicar esas TEF a la población femenina en edad fértil que ya fue proyectada anteriormente con el algoritmo que calcula la población entre 5 y 80 años.

Entonces los nacimientos se obtienen:

$$B^{t,t+5} = \sum_{x=15}^{45} \left[5^{NF_x^{t,t+5}}(i)\right] * 5$$

$B^{t,t+5}$ Es el total de nacimientos ocurridos en el área menor i, durante el período t, $t + 5$.

Una vez determinados los nacimientos totales de cada área menor, la población de 0 a 4 años por sexo para el momento $t + 5$ se obtiene:

- En el caso de la población masculina

$$5^{N_0^{t+5}} = B^{t,t+5} * (IMN) * K_b^{t,t+5}$$

- Y para el caso de la población femenina

$$5^{N_0^{t+5}} = B^{t,t+5} * (1 - IMN) * P_b^{t,t+5} * K_b^{t,t+5}$$

En donde

- $\boldsymbol{IMN}$ y $\boldsymbol{P_b^{t,t+5}}$ Es el índice de masculinidad al nacimiento y la relación de sobrevivencia al nacimiento por sexo, correspondientes al área mayor, para el período t, $t + 5$.
  $\boldsymbol{K_b^{t,t+5}}$ Es el factor diferencial de crecimiento de los nacimientos estimados para el área menor.

5.6. El estimador bayesiano empírico para el ajuste del factor K

Como ya fue mencionado anteriormente el supuesto demográfico central del método es el concepto de razón de sobrevivencia intercensal que se expresa en el modelo a través del factor diferencial de crecimiento (K) y que como también fue mencionado puede tener una alta variabilidad principalmente en las áreas menores y en los grupos etarios de menor población. Por todo lo anterior, se hace necesario considerar una estrategia metodológica que permita controlar esa inestabilidad a través de la minimización de las varianzas de los factores k y para esto se utiliza un estimador de contracción de la clase bayesiano empírico.

Siendo definido el factor de la siguiente forma:

$$5^{K_{x,i}} = 0.5\left[\left(\frac{5^{p_{x+5,i}^{t+10}}}{ESP_{i,1}}\right)^{0.5} + \left(\frac{5^{p_{x+10,i}^{t+10}}}{ESP_{i,2}}\right)^{0.5}\right]$$

$ESP_{i,1}$ es interpretado como la población esperada en el área menor i en el grupo etario $x + 5$, $x + 10$ años en el año $t + 10$, bajo la hipótesis de que la razón de sobrevivencia de la cohorte en el área menor i es la misma del área mayor en el mismo período. De manera análoga $ESP_{i,2}$ es decir la población esperada en el área menor i en el grupo etario $x + 1$; $x + 15$ años en el año $x + 10$.

$5^{p_{x+5,i}^{t+10}}$ y $5^{p_{x+10,i}^{t+10}}$ son los conteos de la población y se pueden tratar estocásticamente, como una variable aleatoria que se distribuye como una distribución de Poisson. En ese sentido,

$$5^{p_{x+10,i}^{t+10}} \sim poisson\left(ESP_{i,1} \cdot \theta_i\right)$$

En donde θ_i es el riesgo de la población de la cohorte ser mayor o menor que lo esperado bajo la hipótesis de que el área menor i posea la misma razón de sobrevivencia que el área mayor.

En ese sentido, la media condicional de $5^{p_{x+10,i}^{t+10}}$ es $E\left(5^{p_{x+5,i}^{t+10}} / \theta_i\right) = ESP_{i,1}\theta_i$

El estimador de máxima verosimilitud para θ_i es el factor $K_{i,1}$

De acuerdo con Marshall θ_i tiene una distribución a priori no especificada, con momentos $E(\theta_i)= m$ y $v(\theta_i)= A$. El estimador bayesiano empírico para $K_{i,1}$ está dado por:

$$\widehat{\theta_l} = \hat{m} + \hat{c}\left(k_{i,1} - \hat{m}\right)$$

En donde $\hat{m}$ es

$$\hat{m} = \frac{\sum_{i=1}^{n} 5^{P_{x+5,i}^{t+10}}}{\sum_{i=1}^{n} ESP_{i,1}}$$

n, indica el número de pequeñas áreas y $\hat{m}$ se interpreta como el factor K medio para todo el conjunto de áreas, ósea el área mayor. Por lo tanto $\hat{m}$ es 1.

Y de acuerdo con Marshall el factor $\hat{c}$ representa el factor de contracción del estimador bayesiano empírico que está dado por:

$$\widehat{c_l} = \frac{v(\theta i)}{v(k_{i,1})} = \frac{\hat{A}}{\hat{A} + \frac{\widehat{m}}{ESP_{i,1}}}$$

En donde $\hat{A}$ es el estimador de la varianza del parámetro (θi), el denominador $\hat{A} + \frac{\widehat{m}}{ESP_{i,1}}$ es el estimador de la varianza de $v(k_{i,1})$ ponderada por el tamaño del grupo etario del área pequeña.

En resumen, $\widehat{c_l}$ es el cociente entre la varianza de θi y la varianza de su estimador, dado por $k_{i,1}$ que varía entre 0 y 1. La lógica es que cuando la varianza de $k_{i,1}$ es muy alta y por tanto un estimador poco confiable $\widehat{c_l}$ tenderá a 0. En esos casos, el valor de θi (que es el estimador bayesiano empírico para $k_{i,1}$) tenderá para la media $\hat{m}$ de sus vecinos, en este caso la media del área mayor. Es en este sentido que el estimador se denomina de contracción, porque la suavización que hace el estimador reduce o contrae el inicial de la estimativa de $k_{i,1}$ para el valor medio. En este caso si por hipótesis el valor de ci de una determinada área pequeña fuese 1, su factor $k_{i,1}$, originalmente calculado, sería descartado por el factor $k_{i,1}$ medio del área mayor. En ese sentido se estaría asumiendo que esa área pequeña i tendría exactamente la misma relación de crecimiento del área mayor.

Por otra parte, si la varianza de $k_{i,1}$ es muy pequeña y tiende a θi el valor de ci tenderá para 1. Entonces cuanto más cercano $\widehat{c_l}$ esté de 1 menor será la contracción, reducción o suavización sobre $k_{i,1}$ originalmente calculado para el área i, así en la medida en que la varianza de $k_{i,1}$ sea baja este sería un estimador confiable, no siendo necesario un ajuste grande en la iniciativa inicial.

Por último, se puede entender θi como un estimador de carácter espacial, una vez que contrae la estimativa inicial de $k_{i,1}$

Del área menor para el valor medio, y esa media puede ser de los vecinos similares o de un área mayor que contiene al área pequeña i.

5.7. Insumos para el calculo d elas proyecciones de población a partir del método de relación de cohortes

A continuación, se listan las fuentes de datos para la preparación de las proyecciones de población:

Población:

- Población Base: Datos de los últimos censos de población (2005-2018) para la ciudad de Medellín por comunas y corregimientos a nivel de cabecera y centros poblados y rural disperso, desagregado por edad y sexo, proporcionado por la operación estadística Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV) 2005 - 2018-DANE.
- Población proyectada: Proyecciones de población y estimaciones demográficas (Post COVID 19) 2020-2035, nivel municipal cabecera y centros poblados y rural disperso, desagregado por edad y sexo, proporcionado por la Coordinación de Proyecciones y Análisis Demográfico de la Dirección de Censos y Demografía.

Fecundidad:

- Información de la operación estadística Censo Nacional de Población y Vivienda- CNPV 2018 y 2005 del total de hijos nacidos vivos por edad de la madre.
- Información de la operación estadística CNPV 2018 y 2005 de hijos nacidos vivos el último año. • Información de la operación estadística CNPV 2018 (10-49 años), 2005 (12-49 años) y 1985 (15-49 años) de total de mujeres en edad fértil.
- Información de la operación estadística "Estadísticas vitales" para la ciudad de Medellín, de nacimientos por edad y lugar de residencia de la madre para el periodo 2005-2023.

Mortalidad:

- Información de la operación estadística "Estadísticas vitales", registro de defunciones por sexo y edades simples, por residencia habitual del fallecido para la ciudad de Medellín, para el periodo 2005-2022.

Una vez que se prepararon los insumos en un formato adecuado para el procesamiento en R-Cohortes, se procedió a calcular los crecimientos poblacionales para las diferentes comunas y corregimientos de Medellín. Este proceso incluyó un control riguroso para asegurar que la suma de las proyecciones de todas las comunas y corregimientos coincidiera con la población total proyectada por el DANE para la ciudad en cada año del periodo considerado.

Este enfoque garantiza la coherencia y la validez de las proyecciones, permitiendo que los datos reflejen con precisión la dinámica poblacional de Medellín. Al utilizar herramientas estadísticas avanzadas, se logra no solo un cálculo preciso del crecimiento en cada área, sino también una

integración efectiva de las proyecciones a nivel municipal, lo que es fundamental para la planificación y la formulación de políticas públicas adecuadas que respondan a las necesidades demográficas de la ciudad.

5. RESULTADOS

El análisis de las proyecciones poblacionales de Medellín para el periodo 2020-2030, basado en el método de relación de cohortes y el estimador bayesiano empírico, revela una dinámica demográfica compleja y variada entre las 21 comunas y 5 corregimientos de la ciudad. Este enfoque permite desglosar las estimaciones por sexo, grupos de edad y períodos quinquenales, proporcionando una visión integral de cómo cada zona experimenta cambios en su estructura poblacional. A medida que se avanza hacia 2030, se hace evidente que Medellín enfrenta un panorama demográfico que exige atención y adaptación en sus políticas públicas.

Entre los años 2020 y 2030, se proyecta que las comunas de Medellín experimentarán transformaciones demográficas profundas y diferenciadas, según las estimaciones poblacionales aplicadas. A través del método proyecciones utilizado, se pueden evidenciar patrones específicos de envejecimiento y crecimiento en cada comuna, revelando un panorama heterogéneo en la estructura de la población. Este análisis explora las tendencias demográficas esperadas en diferentes zonas de la ciudad, destacando tanto las comunas que podrían enfrentar un envejecimiento acelerado como aquellas que mantendrán una población más joven.

Uno de los hallazgos más significativos es el envejecimiento desigual de la población en diferentes comunas. Las áreas del sector nororiental, como Popular, Santa Cruz, Manrique y Aranjuez, presentan una estructura poblacional relativamente joven. Estas comunas se caracterizan por una pirámide poblacional con una base amplia, lo que indica una proporción significativa de niños, adolescentes y jóvenes adultos. Este fenómeno es consecuencia de tasas de fecundidad más altas en comparación con otras comunas de Medellín, y refleja que el envejecimiento poblacional en estas áreas aún no es tan pronunciado. Estas comunas se encuentran en una fase de transición demográfica donde las cohortes jóvenes dominan, lo que implica necesidades en infraestructura educativa y empleo juvenil.

En contraste, las comunas del sector suroccidental y central, como El Poblado, Laureles-Estadio y Guayabal, muestran un envejecimiento acelerado. Las pirámides demográficas de estas comunas revelan un claro aumento en la proporción de personas mayores de 65 años, acompañado de una reducción en las cohortes más jóvenes. Este fenómeno se debe a la combinación de bajas tasas de fecundidad y una mayor esperanza de vida, lo que ha llevado a una transformación en la composición etaria de la población. En estas comunas, el estrechamiento de la base de la pirámide refleja una disminución en el número de nacimientos, mientras que el ensanchamiento en los grupos de edad avanzada señala el envejecimiento progresivo de la población. Este cambio demográfico plantea desafíos importantes para los servicios sociales y de salud, que deben adaptarse a una población cada vez más envejecida.

El envejecimiento acelerado en comunas como Guayabal y Laureles tiene implicaciones significativas para la planificación urbana y la provisión de servicios sociales. A medida que aumenta la proporción de personas mayores, se requerirá una mayor inversión en infraestructura de salud, residencias para adultos mayores y programas de bienestar. Para estas comunas se necesitarán redirigir sus recursos hacia la

atención de una población envejecida, mientras que la demanda de infraestructura educativa y recreativa para jóvenes disminuirá gradualmente.

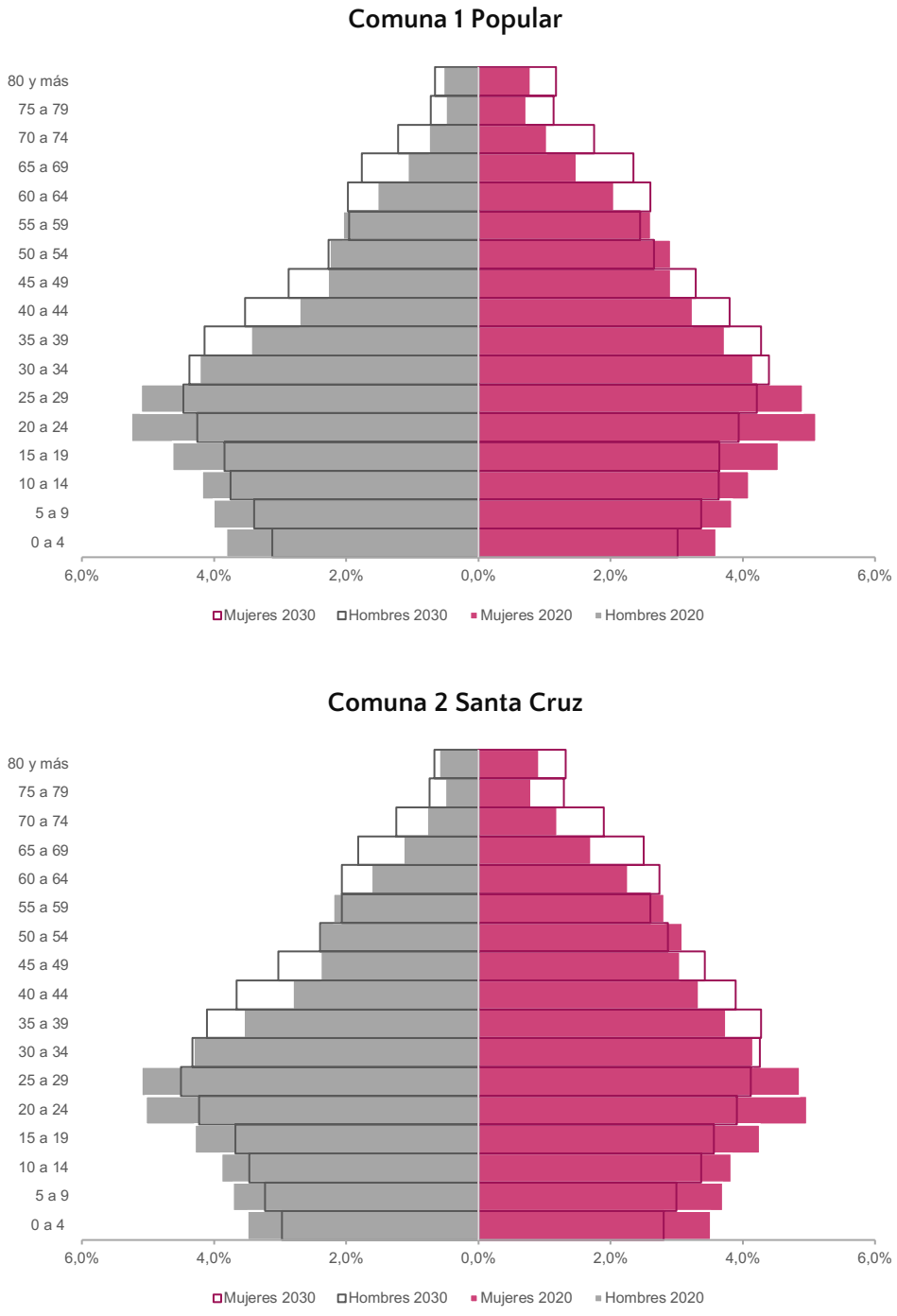
Por otro lado, las comunas con una población predominantemente joven, como Popular y Santa Cruz, enfrentan desafíos relacionados con el crecimiento poblacional. El aumento en la proporción de niños y adolescentes genera una mayor presión sobre los sistemas educativos, de salud y de empleo. Estas comunas deberán priorizar la expansión de la infraestructura escolar y programas de formación laboral para garantizar que la población joven pueda acceder a oportunidades de desarrollo personal y profesional. Además, será crucial implementar políticas públicas que promuevan la equidad en el acceso a servicios y recursos para evitar la perpetuación de la desigualdad intergeneracional.

Un aspecto clave de estas proyecciones es el impacto del envejecimiento diferencial en la cohesión social. Mientras algunas comunas experimentan un envejecimiento rápido, otras continúan en fases de crecimiento juvenil, lo que podría aumentar la divergencia en las necesidades y prioridades de las diferentes zonas de Medellín. Esta polarización en la estructura demográfica debe ser abordada mediante políticas que promuevan una redistribución equitativa de los recursos y servicios entre las comunas, garantizando que tanto los jóvenes como los adultos mayores tengan acceso a las oportunidades y cuidados que necesitan.

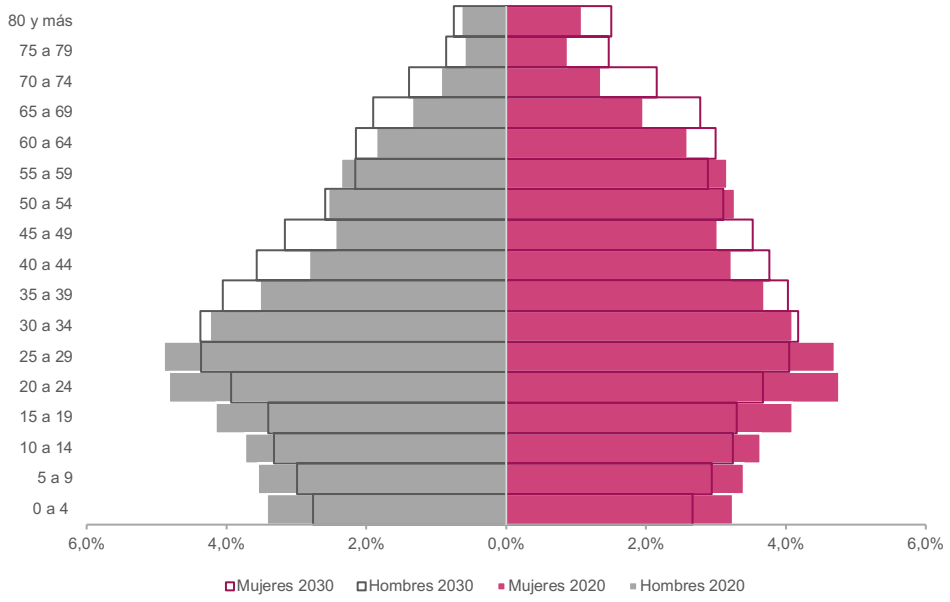
Además, es importante considerar cómo estas tendencias demográficas pueden influir en la planificación urbana y el desarrollo comunitario. Las diferencias en la composición etaria requieren enfoques diferenciados en la asignación de recursos y servicios públicos. Por ejemplo, las comunas con una población más joven podrían beneficiarse de inversiones en educación, formación profesional y espacios recreativos, mientras que aquellas con un mayor número de adultos mayores necesitarán priorizar servicios de salud y programas sociales específicos.

Medellín enfrenta un proceso de transformación demográfica desigual entre sus comunas, con áreas que muestran una rápida transición hacia el envejecimiento y otras que aún mantienen una estructura poblacional joven. Estos resultados de las proyecciones de población 2020-2030 revelan las diferencias en la velocidad del envejecimiento y las necesidades que estas generan, y destaca la importancia de planificar políticas públicas inclusivas que aborden las demandas diversas de cada territorio. La capacidad de Medellín para gestionar este cambio demográfico será fundamental para garantizar la calidad de vida de todos sus habitantes en las próximas décadas.

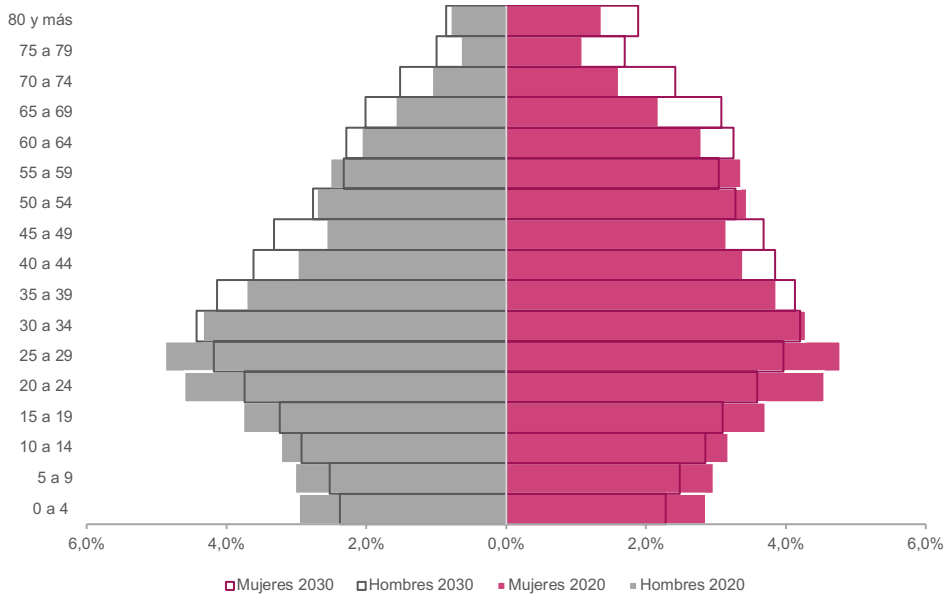
Figura 1 Estructuras De Las Comunas Y Corregimientos De Medellín 2020 – 2030



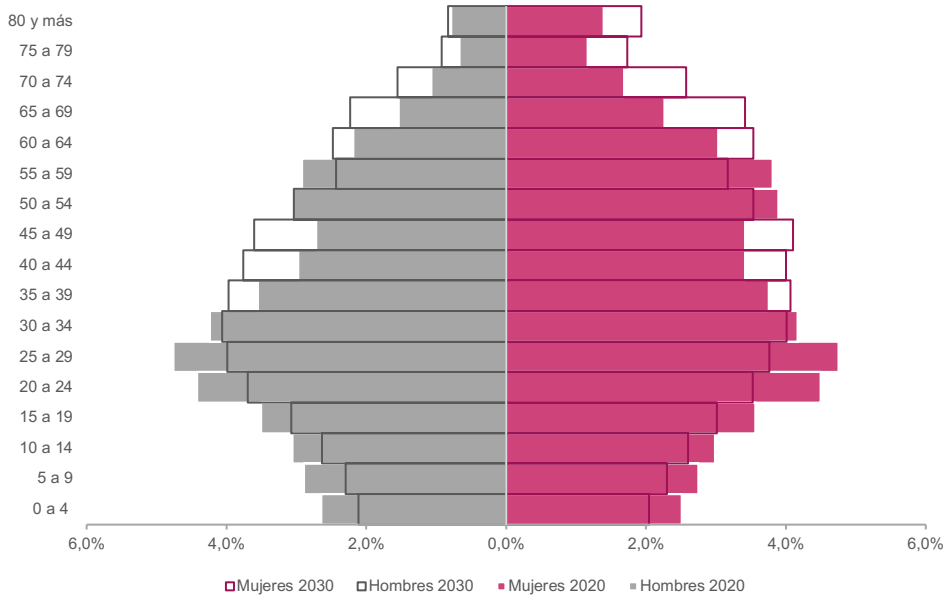
Comuna 3 Manrique



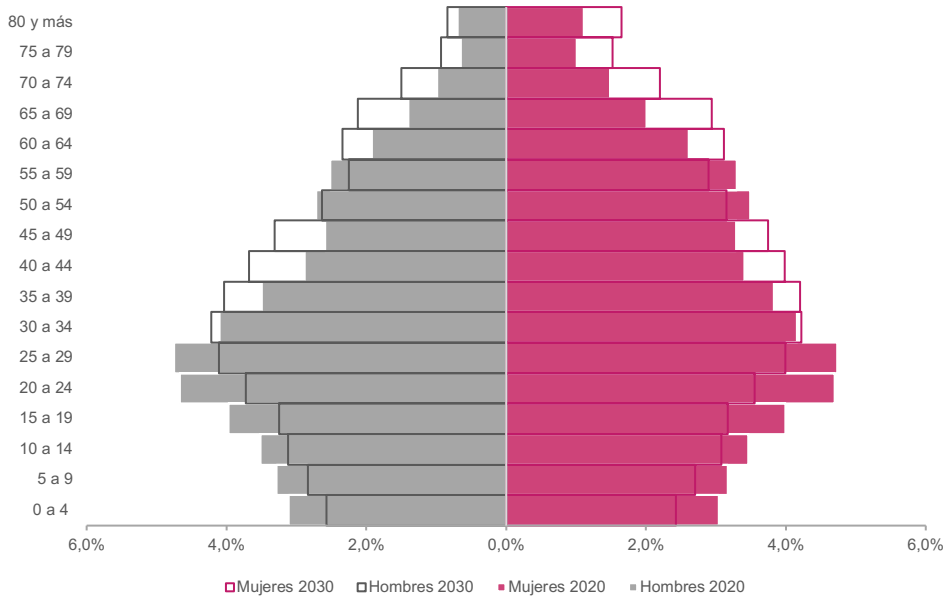
Comuna 4 Aranjuez



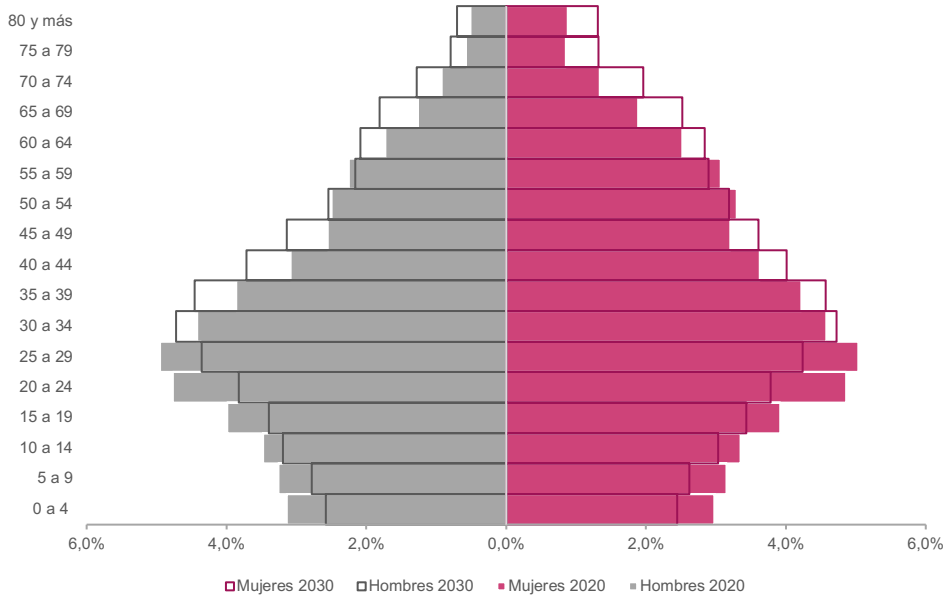
Comuna 5 Castilla



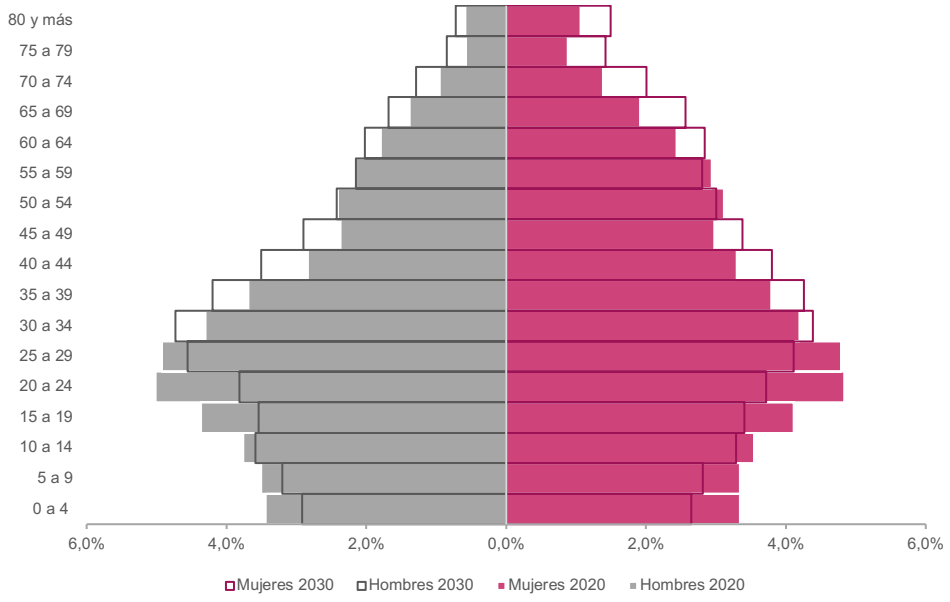
Comuna 6 Doce de Octubre



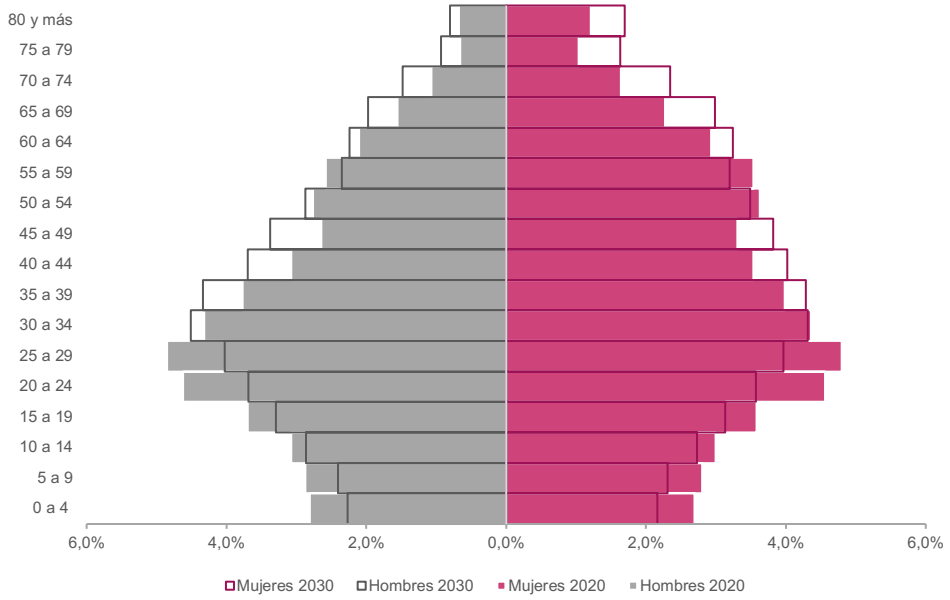
Comuna 7 Robledo



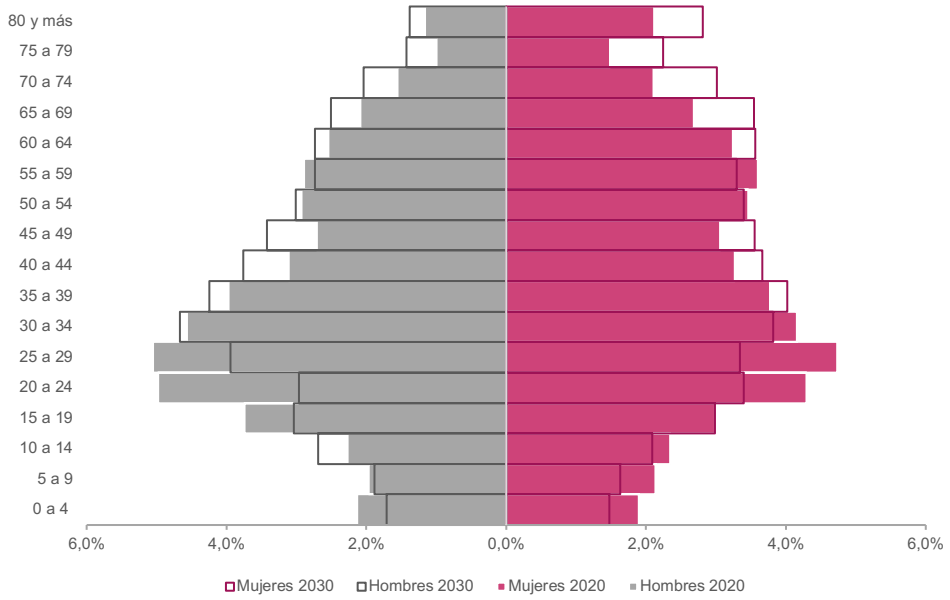
Comuna 8 Villa Hermosa



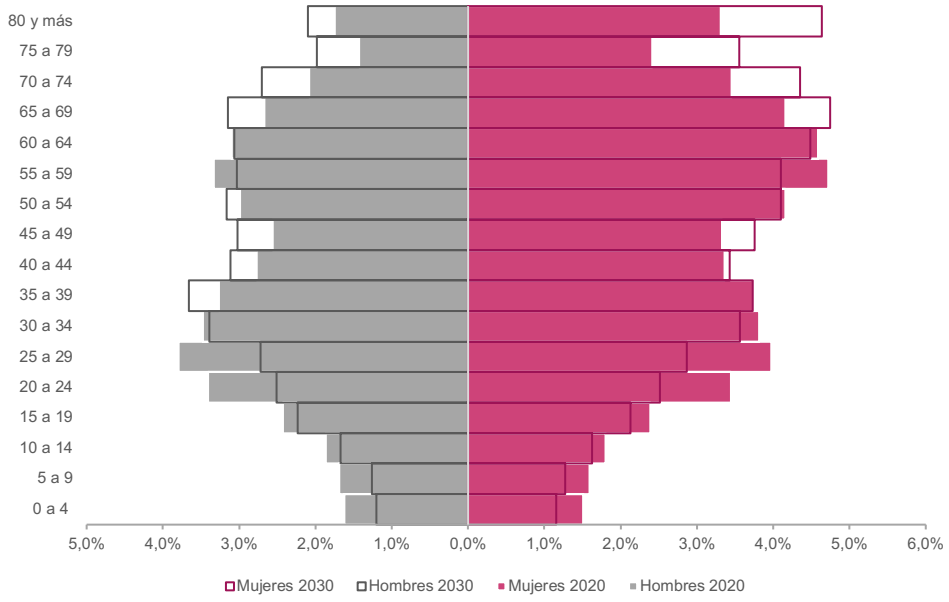
Comuna 9 Buenos Aires



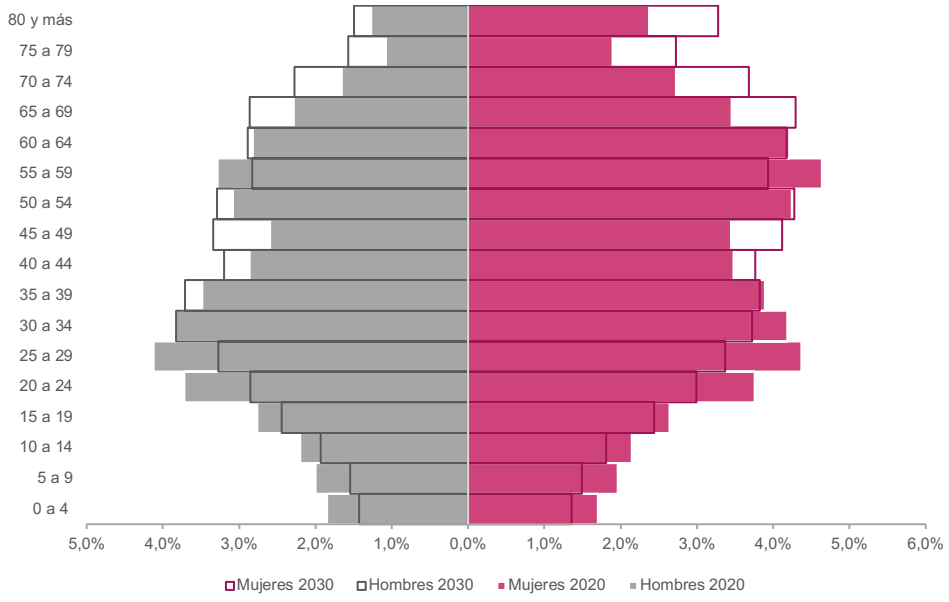
Comuna 10 La Candelaria



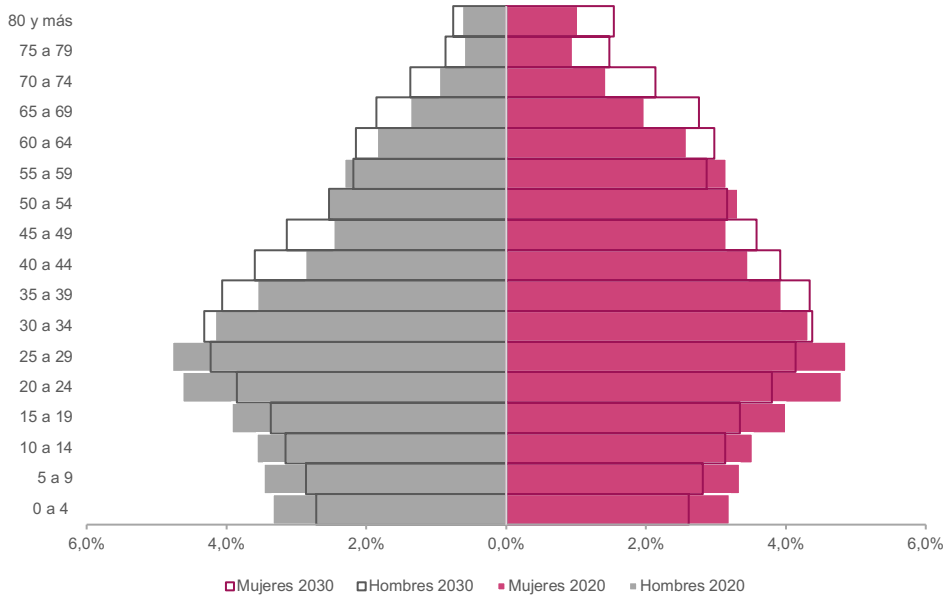
Comuna 11 Laureles



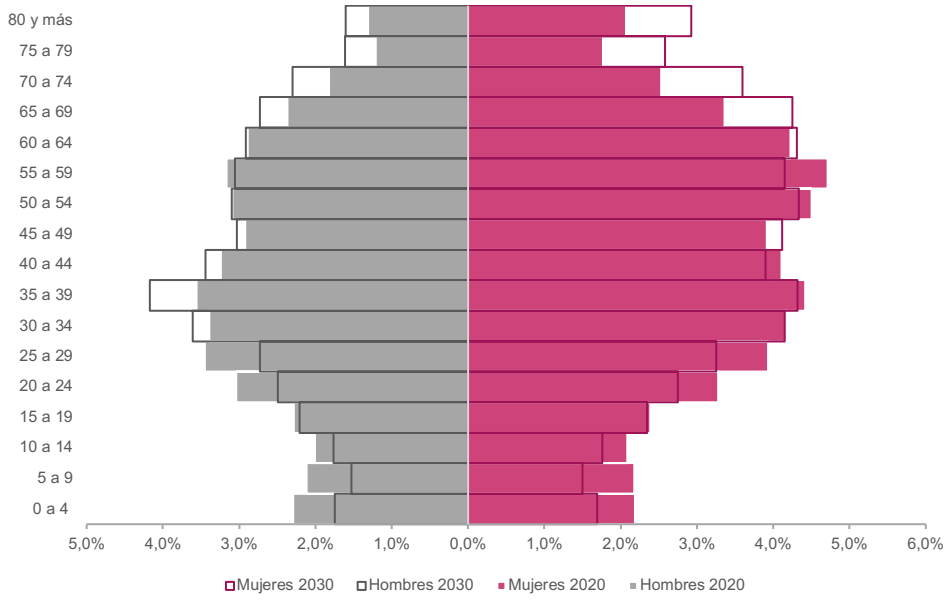
Comuna 12 La América



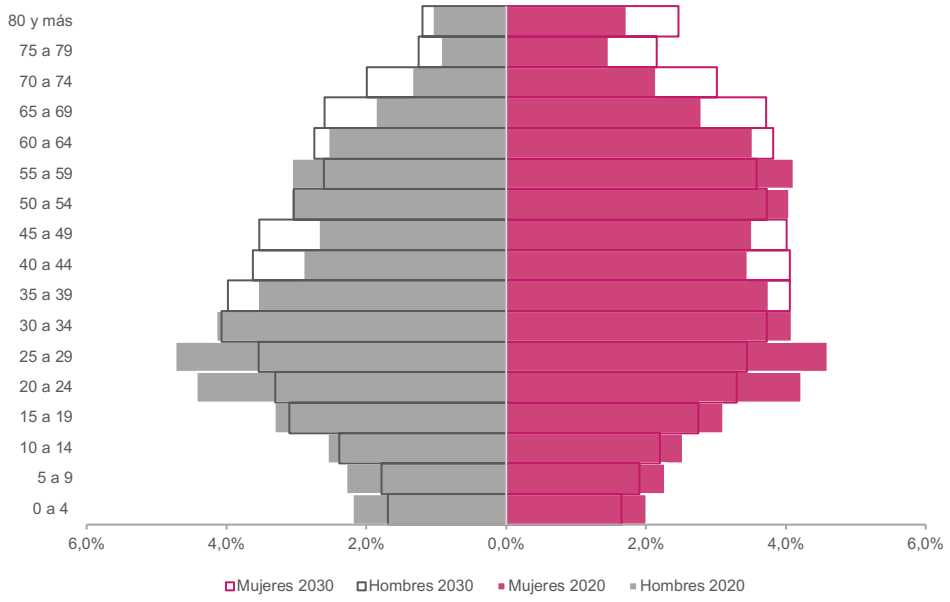
Comuna 13 San Javier



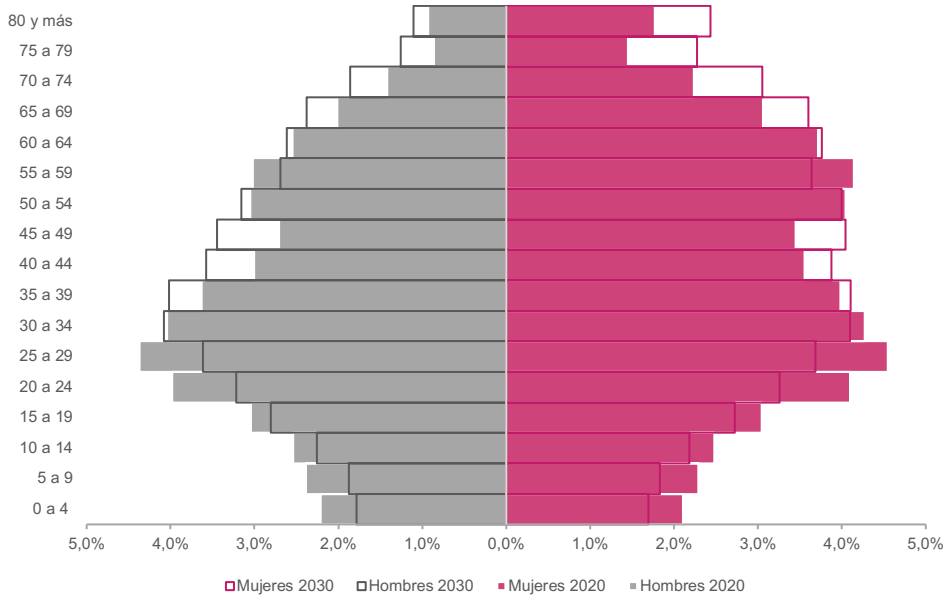
Comuna 14 El Poblado



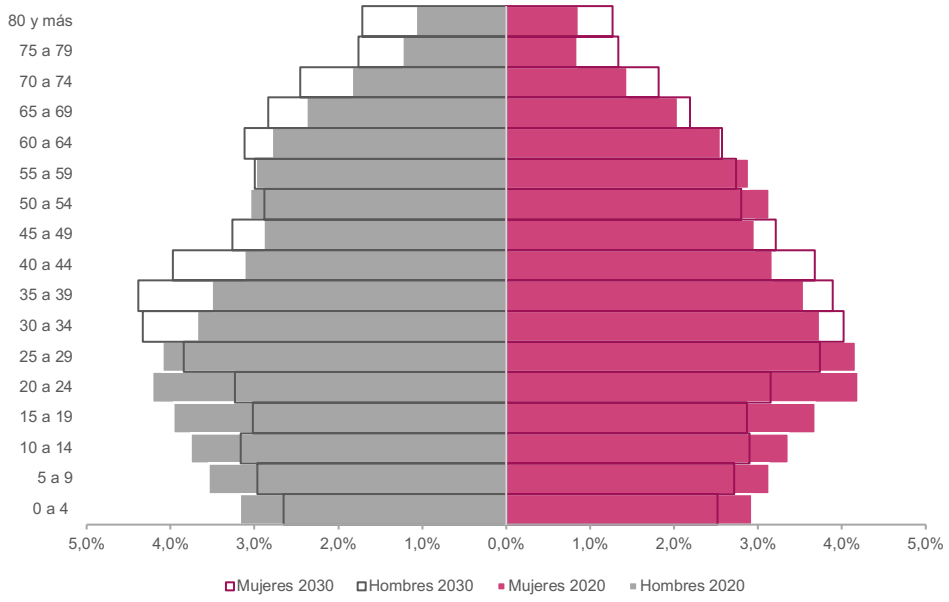
Comuna 15 Guayabal



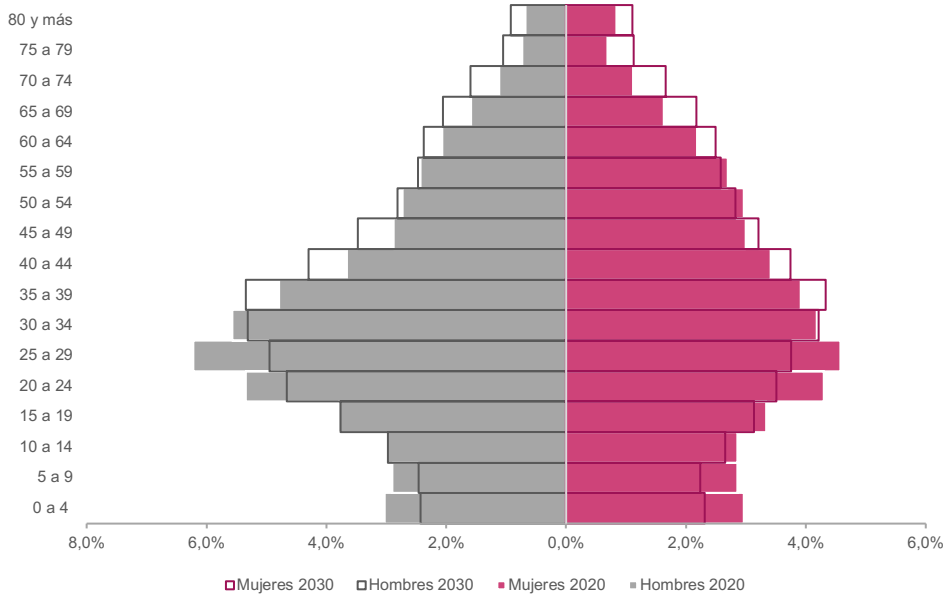
Comuna 16 Belén



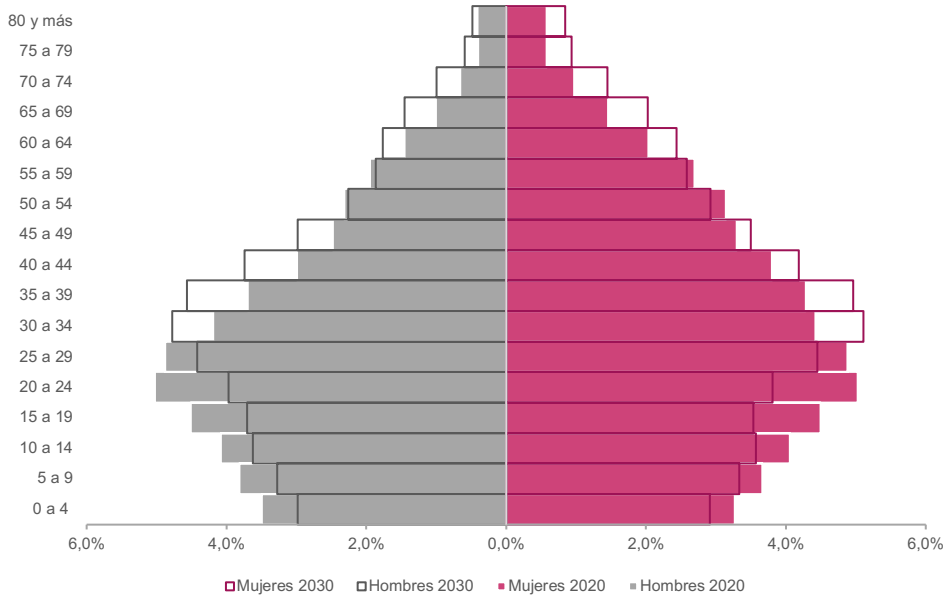
Corregimiento San Sebastián de Palmitas



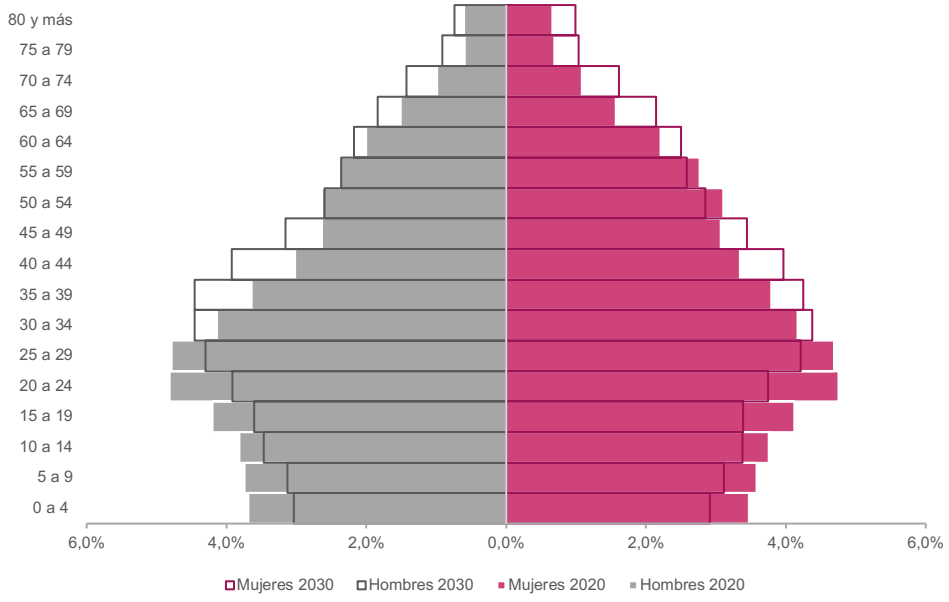
Corregimiento San Cristóbal – Rural



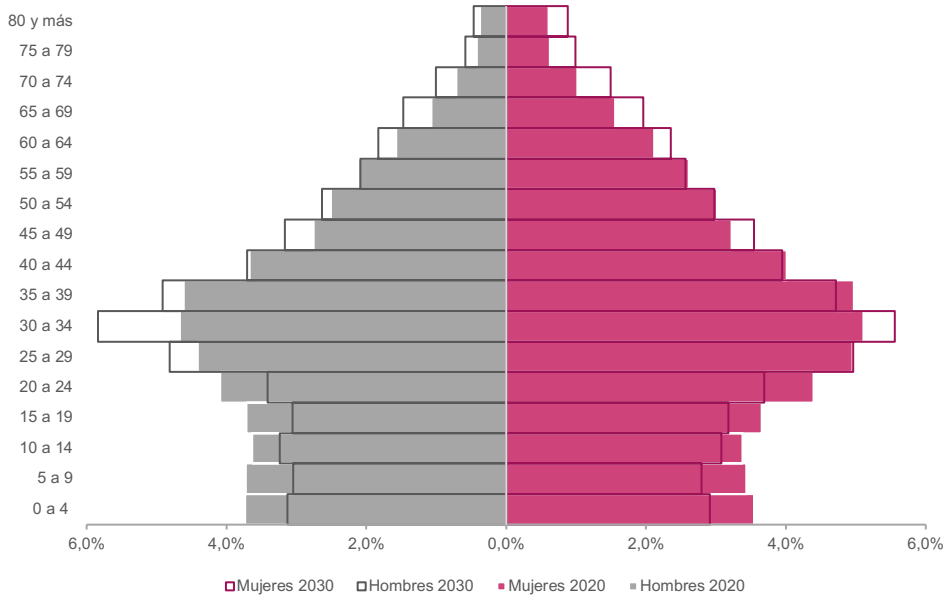
Corregimiento San Cristóbal – Urbano



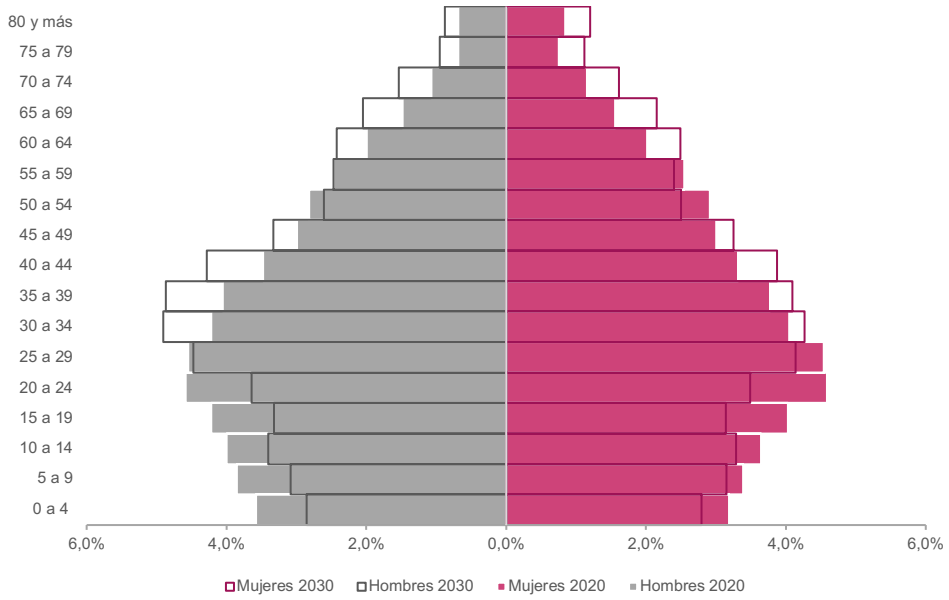
Corregimiento Altavista – Rural



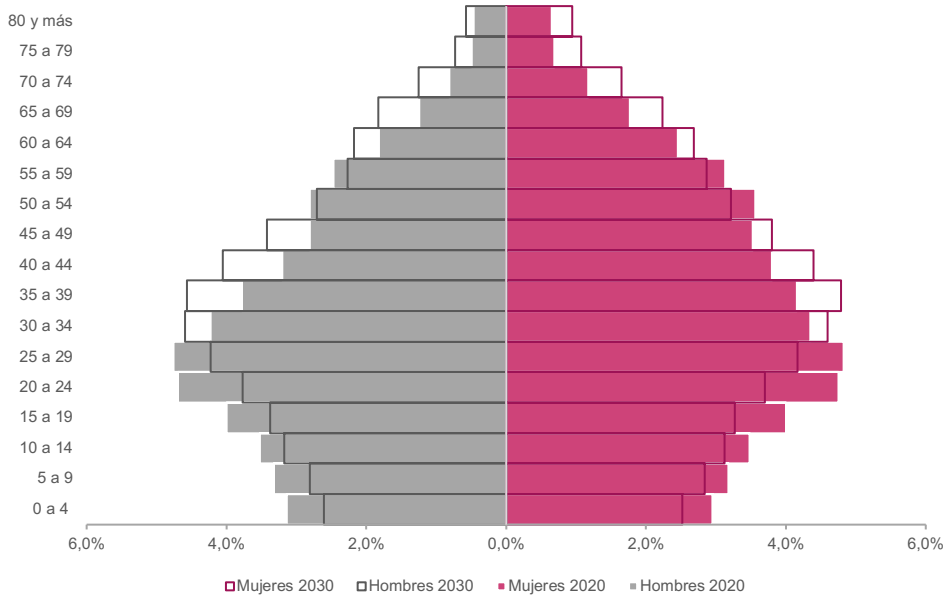
Corregimiento Altavista – Urbano



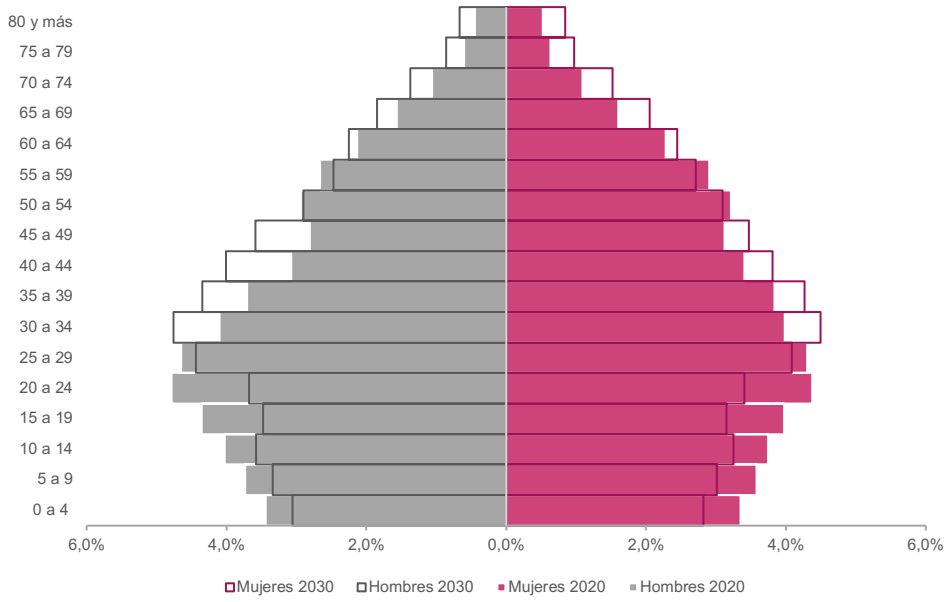
Corregimiento San Antonio de Prado – Rural

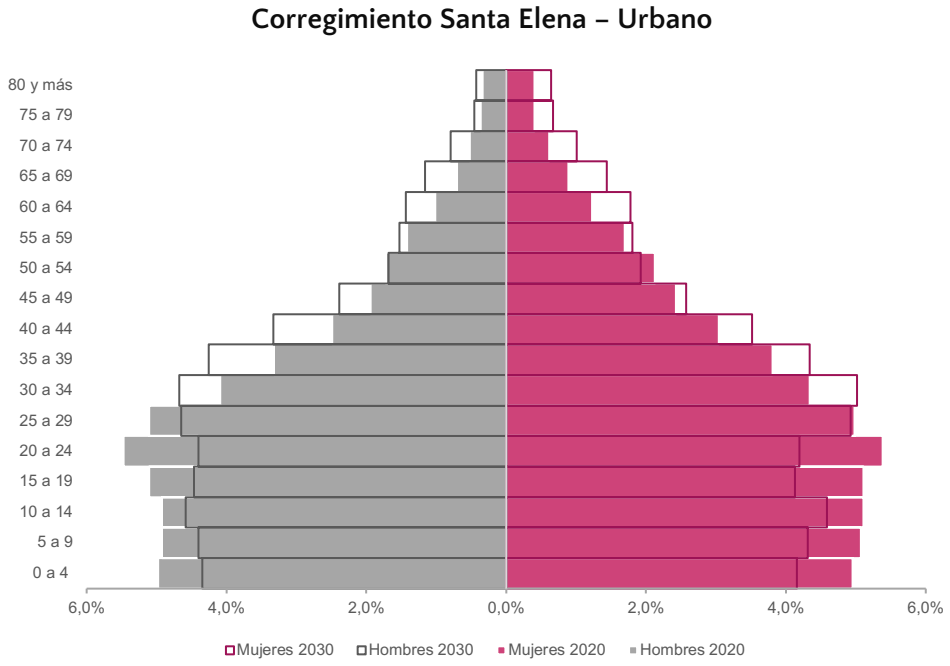


Corregimiento San Antonio de Prado – Urbano



Corregimiento Santa Elena – Rural




Corregimiento Santa Elena – Urbano
80 y más
75 a 79
70 a 74
65 a 69
60 a 64
55 a 59
50 a 54
45 a 49
40 a 44
35 a 39
30 a 34
25 a 29
20 a 24
15 a 19
10 a 14
5 a 9
0 a 4
6,0%
4,0%
2,0%
0,0%
2,0%
4,0%
6,0%
Mujeres 2030
Hombres 2030
Mujeres 2020
Hombres 2020

BIBLIOGRAFÍA

- B. Villacis. "Proyecciones de población: un estudio comparativo". Sector de Instituciones para el Desarrollo División de Innovación para Servir al Ciudadano. Banco Interamericano de Desarrollo. Agosto de 2019. 53 páginas.

- DANE. Dirección de Censos y Demografía. Coordinación de Proyecciones de Población y Análisis Demográfico. "Metodología general de proyecciones de población y estudios demográficos. Bogotá. Marzo – 2021

- DANE. Dirección de Censos y Demografía. proyecciones de población con la actualización post COVID-19 calculadas con base en los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda – CNPV- 2018. Marzo 2023. Consultado en página Web: https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion

- F. H. M. Freire, M. R.Gonzaga, & M. M. F. Gomes. "Projeções populacionais por sexo e idade para pequenas áreas no Brasil". Revista Latinoamericana De Población, Vol 14 Núm 26, 124–149. 2019 https://doi.org/10.31406/relap2020.v14.i1.n26.6

- L. Duchesne. "Proyecciones de población por sexo y edad para áreas intermedias y menores". Centro Latinoamericano de Demografía. Santiago de Chile, Diciembre Serie A. N 187. Septiembre de 1988.

- MP. Granados. Técnicas de proyecciones de población de áreas menores aplicación y evaluación. Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía (CELADE). Serie, B-55. 7 de junio,1988

- N. Rubiano, J. A. Castro. "El modelo BIT PASE para la planeación territorial con perspectiva poblacional". Universidad Externado de Colombia. Biblioteca. EAP. Bogotá 2019. 118 páginas.

- United Nations, O. "Manual III: Methods for Population Projections by Sex and Age". En U. Nations, Manuals on methods of estimating population. Department of Economic and Social Affairs. New York. 1956