



Departamento Administrativo
Nacional de Estadística



Centro Latinoamericano de
Demografía

Métodos para Proyecciones Subnacionales de Población

Compilación
MARIA DEL PILAR GRANADOS



Centro de Estudios sobre Desarrollo
Económico – Universidad de los Andes
CEDE



Fondo Colombiano de Investigaciones
Científicas y Proyectos Especiales
"Francisco José de Caldas"
COLCIENCIAS

Centro Latinoamericano de Demografía
Serie OI No. 42
Bogotá, Noviembre de 1989

LD
08938
ej. 4

Contenido

	Pág. No.
Presentación	5
Las proyecciones de población y la estructura económica y social <i>Carmen Elisa Flórez</i>	9
Las proyecciones subnacionales de población y la planificación del desarrollo <i>José Olinto Rueda</i>	17
Proyecciones de población a nivel nacional. Método de los componentes <i>José Miguel Pujol</i>	25
Parámetros demográficos proporcionales: una alternativa para aplicar el "método de los componentes", para proyectar la población de áreas pequeñas <i>Bernadette Waldvogel Giralde</i>	49
Proyecciones de población, por sexo y edad, para áreas intermedias y menores - Método "relación de cohortes" <i>Louis Duchesne</i>	71
Técnicas de proyecciones de población de áreas menores. Aplicación y evaluación <i>María del Pilar Granados</i>	127
El modelo multirregional simplificado y otras técnicas de proyección regional, ilustradas con datos brasileiros y chilenos <i>Ralph Hakkert</i>	171
Argentina: Proyecciones provinciales, por sexo y edad. Período 1970-1990 <i>Diva Elizalde</i>	205
Bolivia: Estimaciones y proyecciones de la población, por departamentos, sexo y edad, según áreas de residencia urbano- rural. Fascículo F/Bol. 2. Período 1970-2000 <i>Víctor Mezza Rosso</i>	213
Un sistema para procesar proyecciones de población PRODEM <i>Carlos Olivares, Juan C. Pérez, Harry Simons</i>	239
Sistema para elaborar proyecciones subnacionales, de áreas intermedias y pequeñas, por sexo y grupos de edades <i>Agustín García, Manuel Rincón</i>	253
Sistema para elaborar proyecciones subnacionales, por sexo y grupos de edades, por el método de los componentes <i>Manuel Rincón</i>	277

Demografía, 1970-1990, \$ 1200 =

Presentación

En 1982 se realizó, en San José de Costa Rica, el Seminario sobre Proyecciones de Población organizado por el CELADE, con el fin de discutir los métodos utilizados en la región para proyectar las variables demográficas, fundamentalmente para el total nacional. Los documentos presentados dieron lugar a una publicación especial con el fin de poner los procedimientos al alcance de los profesionales de la región.¹

Seis años después, del 31 de octubre al 2 de noviembre de 1988, se llevó a cabo el Seminario Internacional sobre Proyecciones Subnacionales de Población en Girardot, Colombia, participando como organizadores y/o patrocinadores el Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, el Centro Latinoamericano de Demografía, CELADE, la Universidad de los Andes, el Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales "Francisco José de Caldas" -COLCIENCIAS- y el Departamento Nacional de Planeación, DNP.

Participaron en este seminario 48 profesionales de 14 países de la región, del CELADE, de Canadá y Francia. (La lista con los nombres de los participantes y organismos patrocinadores se incluye como anexo). Hicieron posible la realización del seminario y la asistencia de los participantes, los aportes de la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional -CIDA- Canadá, el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo CIID-Canadá, los gobiernos de Francia y Holanda, el UNFPA a través de proyectos nacionales y COLCIENCIAS para los participantes colombianos.

¿Qué antecedentes han motivado a los demógrafos, en los últimos años, a preocuparse por el desarrollo de procedimientos para lograr estimaciones y proyecciones desagregadas geográficamente?

¹ CELADE-ACDI: "Métodos para Proyecciones Demográficas". CELADE, Serie E, No. 1003, San José, Costa Rica.

En primer lugar debe mencionarse la creciente tendencia hacia la descentralización, que se está dando respecto a la formulación de los planes, a las políticas y programas de desarrollo para satisfacer las demandas de necesidades básicas de la población, así como a la toma de decisiones por parte de las autoridades regionales y locales.

En esta perspectiva, las proyecciones subnacionales de población son indispensables para los propósitos de la planificación económica y social. Es creciente, por ejemplo, la demanda de proyecciones para áreas definidas por divisiones administrativas mayores, intermedias y pequeñas (estados, provincias, departamentos, municipios, cantones, distritos, etc.) y para otras divisiones de acuerdo a las necesidades específicas de los planes y programas de las oficinas de planificación. Por otra parte, en forma paralela se ha dado a nivel mundial un avance sin precedentes en la tecnología computacional, que pone al alcance de la mayoría de los usuarios la disponibilidad de microcomputadores. Se hace entonces necesario aprovechar este hecho para redefinir la estrategia con que se enfocarán los procedimientos técnicos y cómo se generarán las herramientas útiles para los usuarios distribuidos en todos los niveles del quehacer nacional. En esta línea el CELADE ha desarrollado el paquete REDATAM (Recuperación de Datos para Areas Menores), el PANDEM (Paquete de Análisis Demográfico) y recientemente el PRODEM (Proyecciones Demográficas) que fué presentado por primera vez en este seminario.

Con base en estos antecedentes, el seminario tuvo como propósito el intercambio de experiencias de los profesionales latinoamericanos y demógrafos especialmente invitados, sobre los procedimientos disponibles para realizar proyecciones de población regionales y de áreas pequeñas. Además, se aprovechó la oportunidad para presentar los paquetes y programas para microcomputadores destinados a favorecer el rápido acceso a datos, estimaciones y proyecciones demográficas por parte de los encargados de la elaboración de planes y programas de desarrollo.

En el anexo se muestra el contenido del programa tratado. Los documentos allí mencionados, forman parte de este libro, como un medio de extender la experiencia volcada en el seminario en beneficio de los demógrafos de toda la región.

A continuación se hacen algunas reflexiones en torno al seminario, destacando aquellos aspectos que estuvieron presentes durante su desarrollo y que de alguna manera constituyen factores del éxito de esta actividad y los aportes centrales de la misma.

- a) Cabe destacar la participación interesada y activa de los asistentes, como consecuencia del interés que el tema despierta, de la calidad de los documentos presentados, del nivel de los participantes y del cálido ambiente que primó en todo momento.

- b) Los primeros documentos, referidos a las relaciones entre la situación socioeconómica, los planes de desarrollo y las proyecciones de población, pusieron un marco de referencia que estuvo siempre presente en la consideración de los procedimientos y de las herramientas adecuadas para enfrentar las necesidades nacionales, regionales y locales.
- c) En lo referente a desarrollos metodológicos debe mencionarse que se analizaron con profundidad los procedimientos presentados, tanto los que se pueden clasificar como nuevos, las adaptaciones de los ya existentes, así como las propuestas de simplificación de algunos modelos complejos para la realidad de los países latinoamericanos. Los métodos fueron tratados tomando en consideración, como una orientación general, el nivel de desagregación de las divisiones geográficas, desde las áreas mayores hasta las más pequeñas.
- d) Una de las ideas centrales surgidas de la discusión, fue la necesidad de considerar a las proyecciones de población nacional y subnacionales, como un "Sistema Integral de Proyecciones". Esto consiste en trabajar de tal modo que haya coherencia entre los distintos niveles de desagregación, de forma tal que asegure que la suma de divisiones menores coincida con la de nivel superior y la suma de las mayores con el total nacional. En general, se consideró muy importante ajustarse en primer lugar al total nacional, debido a que la información básica sería más confiable, y luego ir descendiendo a las divisiones geográficas de mayor a menor. Los procedimientos aplicados se adecuarán a la información básica disponible y al tamaño de las divisiones administrativas.
- e) Un papel destacado cumplieron las presentaciones y demostraciones de los paquetes y programas para microcomputadores que permiten un fácil acceso a la información desagregada y a la elaboración de proyecciones subnacionales de población. En particular, el CELADE presentó por primera vez el paquete PRODEM: "Proyecciones Demográficas", que incluye procedimientos alternativos para proyecciones subnacionales de población. Este paquete tiene las características de ser de fácil manejo para usuarios no programadores y además permite la comunicación entre los diferentes módulos definidos por el tamaño de las áreas (nacional, áreas mayores, intermedias y menores), lo que asegura su funcionamiento como sistema integrado.

Con este Seminario, y esta publicación, se da inicio al desarrollo de una temática de gran interés. El camino que queda por recorrer es largo, tanto en la consideración teórica de los problemas que reviste el tratamiento de la información desagregada, como en las propuestas de procedimientos aptos para las diferentes condiciones que coexisten en América Latina. Además, entre las tareas importantes, está la definición de las estrategias para difundir estos conocimientos y su uso por parte de los profesionales ligados a la formulación de políticas, planes, programas de desarrollo regional y local.

Las proyecciones de población y la estructura económica y social ¹

Carmen Elisa Flórez ²

Introducción

El principal uso de las proyecciones de población está tanto en el gobierno como en la empresa privada. Ambos requieren de un conocimiento lo más aproximado posible a la realidad del volumen y de la estructura futura de la población. Cualquier plan de desarrollo para un país, región, o área menor específica debe considerar una anticipación de cuáles van a ser sus necesidades de mano de obra, de vivienda, de cupos escolares, etc.. La respuesta a esas necesidades empieza por requerir un conocimiento de cuántas personas y cómo esas personas están distribuidas en los diferentes grupos de edades que conforman

¹ Documento preparado para el Seminario Internacional sobre Proyecciones Subnacionales de Población, Girardot Octubre 31- Noviembre 2 de 1988.

² Profesora-Investigadora. Facultad de Economía, Universidad de los Andes.

la población de interés. Para el empresario privado no es de menos utilidad conocer cuál es la magnitud del crecimiento de un área o una ciudad y cuál tipo de crecimiento será el que tendrá lugar en razón de las edades y de los sexos, para tener un mejor conocimiento de la demanda futura de sus productos.

El primer paso en cualquier planeación consiste en estudiar los aspectos relevantes de la población y de la economía, en la actualidad y en el pasado reciente. El tamaño y estructura etárea de una población en un momento dado, están determinados por la historia reciente en el comportamiento de la fecundidad, la mortalidad y la migración. Esto es aun más importante de caracterizar en la mayoría de los países latinoamericanos, los cuales desde comienzos de la década de los treinta empezaron a experimentar descensos en la mortalidad y desde comienzos de la década de los sesenta descensos en la fecundidad. Estos descensos en fecundidad y mortalidad, que conforman el proceso ampliamente conocido como "transición demográfica", tienen implicaciones directas sobre la estructura por edades de la población, la cual a su vez afecta tanto el futuro crecimiento de la misma como sus necesidades económicas y sociales. La migración por su parte, aunque puede considerarse poco relevante a nivel internacional para muchos países, a nivel interno por lo general envuelve una gran proporción de la población. Por lo tanto, entre subdivisiones políticas menores, la tasa de crecimiento de la población tiende a diferir ampliamente más como consecuencia de la migración interna que del crecimiento natural.

La necesidad e importancia de las proyecciones de población en la planeación económica y social, se vuelve mayor para el caso específico de Colombia, si se tienen en cuenta dos hechos fundamentales que han ocurrido en el país durante los últimos años:

- 1) Cambios sustanciales en la estructura etárea de la población como consecuencia de la transición demográfica. Estos cambios demográficos incorporan cambios previsible en las necesidades económicas y sociales de la población, los cuales deben incorporarse tanto en los planes como en la estrategia misma de desarrollo para lograr soluciones estructurales y no soluciones coyunturales;
- 2) La actual política de descentralización del país, que crea la necesidad de obtener proyecciones de población confiables a nivel de las áreas menores con el fin de poder prever el desarrollo de dichas áreas acorde con el crecimiento y distribución de su población.

El objetivo del resto de esta ponencia es entonces desarrollar estos dos puntos fundamentales como sustentación a la necesidad e importancia de realizar proyecciones de población tanto a nivel nacional y regional, como a nivel de las áreas menores.

Las proyecciones de población y el desarrollo socioeconómico

Durante las últimas seis décadas se han venido produciendo en el país descensos tanto en la mortalidad como en la fecundidad, y por ende descensos en la tasa de crecimiento de la población que definen el proceso de transición demográfica. Sin embargo, la mortalidad empezó a descender primero y más de veinte años después lo hizo la fecundidad. Este rezago entre el inicio del descenso de la mortalidad y el inicio del descenso de la fecundidad, origina las altas tasas de crecimiento de la población observadas en los años sesenta, y lleva a caracterizar esta etapa como un período de "explosión demográfica".

Las tendencias en las tasas de fecundidad y mortalidad, características de la transición demográfica, producen efectos de vital importancia sobre la estructura económica y social que tienen que ser tenidos en cuenta para poder intervenir adecuadamente en el desarrollo socioeconómico del país. Algunos de los efectos directos son el cambio en la estructura por edades de la población. Las altas tasas de crecimiento de los sesenta llevaron a un aumento en la población joven de esa época, que 15 ó 20 años después entraría a engrosar la población laboral. Las menores tasas de crecimiento de las décadas siguientes, llevan a un incremento (absoluto y relativo) de las personas en edad avanzada que se manifiesta en un envejecimiento de la población. Como efectos indirectos estarían, entre otros, las repercusiones de todos estos cambios en la composición étnica de la población sobre la estructura del empleo, los comportamientos migratorios, los niveles y distribución del ingreso, y la distribución geográfica de necesidades económicas y sociales en campos como salud, educación, vivienda, y provisión de servicios públicos en general.

Desde inicios de los setenta, los planes de desarrollo han tratado de incorporar, de una u otra forma, políticas de población específicamente diseñadas para mejorar el bienestar de la población y la distribución del ingreso. Por ejemplo, la presente administración se ha propuesto reducir la pobreza absoluta y relativa como una herramienta en su política tendiente a beneficiar a las familias de bajos ingresos. Sin embargo, la estrategia para obtener cualquier objetivo deseado de un programa de desarrollo debe claramente presuponer si el problema a solucionar es un fenómeno estructural o coyuntural. Dada la estructura socioeconómica del país y la transición demográfica ocurrida durante las últimas décadas, nuestra premisa es la de que todo programa de desarrollo con objetivos tendientes a disminuir la concentración del ingreso debe bus-

car soluciones estructurales. Para ésto es indispensable evaluar la evolución futura de la población, sus características y sus necesidades. Esto, a su vez, presupone que los gastos del Gobierno en salud, educación, vivienda, y similares, para cubrir las necesidades de la población, son factores determinantes de la productividad de la mano de obra, y dirigidos hacia las clases menos favorecidas, son una herramienta efectiva para los programas de desarrollo, como elementos de igualdad económica y social.

Las proyecciones de población por edad y sexo, son el punto de partida de las proyecciones por zona, áreas específicas, y otras características socioeconómicas como fuerza de trabajo, escolaridad (o matrícula), etc., las cuales son a su vez el insumo base para estimar o proyectar los requerimientos futuros para suplir las necesidades de la población, tales como: vivienda, hospitales (camas y personal médico), escuelas (salones y profesores), bienes de consumo esenciales, de trabajadores según categorías ocupacionales, etc.. Por lo tanto, si el crecimiento de la población colombiana y su estructura por edades están cambiando como consecuencia de la transición demográfica, estas variaciones deben reflejarse en cambios actuales y futuros en las necesidades de la población.

Si la tasa de crecimiento de la población disminuye en un período mediano, se observará también una disminución en la tasa de crecimiento de la población en edad de trabajar, ó potencial de la fuerza de trabajo. Sin embargo, el crecimiento de ésta población en edad de trabajar será aún positivo, a no ser que la disminución en la fecundidad total contrarreste el efecto de las grandes cohortes de mujeres en edad reproductiva y se generen cohortes cada vez mas pequeñas en términos absolutos. Así, mientras la población en edad de trabajar esté creciendo a una tasa positiva, un número cada vez mayor se estará incorporando al potencial de la fuerza de trabajo y el país tendrá que producir nuevos empleos productivos con el fin de no aumentar la masa de desempleados. Por supuesto, el esfuerzo tendrá que ser mucho menor de lo que sería si no hubiese disminuído la fecundidad.

De igual manera, si la edad media de la población está aumentando, debido a la menor tasa de crecimiento, las necesidades de seguridad social para la tercera edad, de cupos escolares según nivel educativo, etc., serán muy diferentes a lo que serían si no se hubiera dado ningún cambio demográfico. Así mismo, la mayor participación femenina en actividades productivas ocurrida paralelamente al descenso en la fecundidad genera necesidades adicionales, como por ejemplo la creación de guarderías en los sitios de trabajo, que faciliten a la mujer desempeñar su doble rol de madre y trabajadora.

Todos estos cambios demográficos y sus implicaciones a nivel micro y macroeconómico, son cambios previsibles y no reversibles. No pode-

mos esperar que la fecundidad y/o la mortalidad vuelvan a los niveles anteriores, ni que la población colombiana recupere una estructura por edades de base piramidal amplia, o que la mujer disminuya su participación en la fuerza de trabajo. Por lo tanto, el hecho de que la población colombiana está experimentando cambios en su estructura etárea, que se continuarán observando hasta que la población alcance una fase de estabilización a niveles bajos de crecimiento, hace que dichos cambios demográficos jueguen un papel fundamental en el diseño de toda política económica y social a corto, mediano y largo plazo. La naturaleza previsible e irreversible de estas transformaciones demográficas y sus implicaciones hacen de la satisfacción de las necesidades básicas de la población (disminución de la pobreza absoluta y relativa), un fenómeno estructural al cual hay que darle soluciones estructurales y no coyunturales.

Así, las proyecciones de población total por edad y sexo pueden considerarse como un antecedente indispensable en la preparación de proyecciones según características socioeconómicas, que a la vez son sólo un paso preliminar pero indispensable en el desarrollo de un amplio rango de proyecciones necesarias para la evaluación y solución a problemas estructurales específicos en la planeación y formulación de programas de desarrollo. No es ésta la primera vez que se mira la necesidad de las proyecciones de población. La importancia de éste tipo de proyecciones en el desarrollo e implementación de planes y políticas nacionales y regionales, ha sido claramente identificada y reconocida por gobiernos nacionales y organismos internacionales como la OIT y las Naciones Unidas.

Las proyecciones de población y la política de descentralización

La reforma institucional de 1986 ha significado un profundo cambio en la estructura del Estado colombiano, que conduce a la descentralización política y administrativa. Esta reforma implica una mayor autonomía municipal para la solución de las necesidades locales.

La descentralización se ha acompañado de una reforma en la estructura de transferencias y asignación de recursos del Estado a las entidades territoriales y entre instituciones. Para el desarrollo de éste nuevo esquema, se requiere la implementación de un sistema de planeación consistente en diagnósticos a nivel local, regional y nacional. A los municipios corresponde la determinación de los problemas locales, su diagnóstico y la intervención en la solución mediante la inversión de recursos propios y de transferencia. Igualmente debe comprometerse en las inversiones

regionales en las cuales tenga interés, compartiendo gastos con otras entidades territoriales en el marco de asociaciones municipales, entidades regionales, etc.. De esta forma se amplía sustancialmente la participación activa del municipio en la conformación general del gasto público, no sólo por el hecho de tener que manejar autónomamente cada vez más recursos, sino por tener que atender a necesidades que antes eran responsabilidad de la nación y del departamento.

El anterior marco sustenta la importancia que han adquirido la estimación de los ingresos municipales, la estimación de la capacidad de endeudamiento municipal y la elaboración de planes de inversión en las que los recursos y las instancias de decisión son de acción directa local. Estas estimaciones a su vez, exigen como requisito una gran capacidad para estimar y proyectar las variables poblacionales, económicas y sociales que determinan los diferentes ingresos y gastos locales.

La capacidad de estimación y proyección de los ingresos municipales está estrechamente ligada con la población y su movimiento. Dado que el tipo de ingreso es principalmente de origen tributario, es la población y su movimiento la que lo determina. En particular, la estructura de transferencias desde el Estado Central hasta los municipios, tiene involucrada la población como elemento de estimación. Aspectos tales como el umbral del rango de municipio pequeño y grande, la participación de la población del municipio en el departamento, etc., son aspectos que pueden cambiar sustancialmente el estado de las finanzas de un determinado municipio. Es así entonces como los ingresos de un municipio entran a depender, en buena medida, de la calidad de la información y de las estimaciones con que pueda contar.

Similarmente, el diagnóstico de necesidades, las estimaciones de demanda para los proyectos de desarrollo de un municipio se basan en la estimación y el dimensionamiento adecuado de los segmentos de la población que se puedan beneficiar con un determinado proyecto. De esta forma, las programaciones de inversión y la orientación de los proyectos se basan en la información que se pueda tener de los marcos poblacionales hacia los cuales se orientan las acciones.

Es así como con el nuevo esquema de descentralización en Colombia, los aspectos de estimación y proyección de la población a niveles regionales y municipales adquiere una renovada importancia.

La estimación de los datos poblacionales en regiones, departamentos y municipios adolece de problemas adicionales a los problemas generales de las estimaciones poblacionales para el total del país, que, dada la política de descentralización, repercuten en las transferencias fiscales del Estado a los municipios. Por un lado, está la posibilidad de medir la cobertura real que las cifras censales tienen para cada área menor.

Generalmente, la cobertura se estima a nivel de los departamentos o regiones, con la implicación de tener que utilizar cobertura igual para todos los municipios de una determinada área mayor. Esto, por supuesto, perjudica a los municipios con poblaciones subestimadas en beneficio de los municipios con poblaciones sobreestimadas.

De otra parte, las proyecciones por departamentos, municipios, y demás áreas menores, para un período dado de proyección, están sujetas a un error promedio mucho mayor que el error para el país como un todo. La mayor inexactitud resulta parcialmente de la incertidumbre de la migración interna y parcialmente del hecho de que los errores, o las desviaciones en general, tienden a variar inversamente con el tamaño de la población. Por lo tanto, las proyecciones para áreas subnacionales deberán realizarse para lapsos no muy largos y con la necesidad adicional de hacer revisiones frecuentes.

El rango de métodos aplicables a proyecciones subnacionales es mucho más extenso que para proyecciones nacionales. Sin embargo, ningún método ha dado consistentemente los mejores resultados. El desarrollo, evaluación y aplicación de nuevos métodos para proyectar población en áreas menores, es de gran importancia, más aún en el caso colombiano, en el cual hemos visto que la política de descentralización acrecienta la necesidad de estimar y proyectar la población por regiones y municipios. Dentro de éste marco, cobra mucha más importancia la realización de este seminario. Sin embargo, no debemos olvidar que las proyecciones de población siempre incluyen un elemento de incertidumbre, que es aún mayor cuando se refieren a una subdivisión geográfica de un país, y particularmente a áreas menores.

Las proyecciones subnacionales de población y la planificación del desarrollo

José Olinto Rueda ¹

Hacia un nuevo enfoque de la planificación del desarrollo

Una de las características de los modelos de desarrollo aplicados en América Latina, ha sido la concentración del poder económico, político y social en unas cuantas regiones privilegiadas en desmedro de la mayoría de las regiones de nuestros países con su secuela de discriminación, atraso y perpetuación de las condiciones de pobreza de la mayor parte de la población.

Corolario de este modelo, ha sido una desequilibrada distribución de la población, una alta ineficiencia de nuestras economías en su conjunto y una inocultable inequidad, social y regional en la distribución de los beneficios del progreso.

¹ Jefe-División de Población, Departamento Nacional de Planeación.

Hoy en día empieza a comprenderse más claramente que no es posible alcanzar niveles elevados de desarrollo económico y social si no se aborda el problema del desarrollo regional armónico y equitativo, como el factor central de nuestras condiciones de atraso socio-económico.

En la mayoría de nuestros países se hacen denodados esfuerzos por romper los viejos moldes sobre los que se conformaron nuestras economías y por construir formas nuevas de organización económica y social que propicien una mayor participación de todas las regiones en las tareas y en los beneficios del desarrollo.

Hoy es frecuente encontrar en nuestros planes de desarrollo la incorporación de políticas tendientes al fomento del desarrollo regional armónico e integral, acompañadas de estrategias y mecanismos apropiados para el logro de estos objetivos.

Instituciones y recursos, con mayor o menor celeridad, se van adecuando a las nuevas orientaciones del desarrollo nacional. Reformas político-administrativas, institucionales, fiscales y presupuestales, se abren paso para asegurar las transformaciones que este proceso demanda.

Entre las diversas estrategias diseñadas para fomentar el desarrollo regional, se encuentra la descentralización política y administrativa y con ella la descentralización de los procesos planificadores. Siendo en muchos casos todavía una aspiración, las regiones reclaman cada vez con mayor fuerza y claridad una mayor participación en los procesos decisivos encaminados a la orientación de su propio desarrollo. Apoyados por las fuerzas vivas locales y sobre todo por una creciente participación comunitaria, las regiones reivindican una mayor autonomía y una participación más activa en la definición de su porvenir.

Al parecer se trata de un proceso irreversible que cada día tiende a profundizarse y extenderse.

Los Instrumentos de la planificación regional

Los instrumentos y mecanismos creados para alcanzar la descentralización y el desarrollo regional, son de carácter diverso y complementario. Unos aluden al conjunto de reformas institucionales como son la creación de los entes planificadores regionales, entre ellos los de carácter departamental, provincial y local, articulados dentro de un sistema nacional de planificación que le confiere unidad, a los planes de desarrollo de los diferentes niveles mediante su integración a los planes, políticas y programas globales del desarrollo nacional.

Concomitante con las reformas institucionales, se menciona el fortalecimiento de los fiscos regionales y municipales de modo que las regiones dispongan de una mayor autonomía y capacidad financiera en la asignación del gasto público y en la inversión productiva, sin las cuales los procesos descentralizadores carecerían de una efectiva capacidad de orientación del desarrollo regional.

Un aspecto decisivo en este proceso se relaciona con el desarrollo de la capacidad institucional para cumplir efectivamente las funciones planificadoras en sus aspectos fundamentales de: promoción y elaboración de diagnósticos, formulación de planes, políticas y programas, coordinación y seguimiento de los mismos, así como su evaluación y eventual reformulación cuando fuere pertinente.

Un eficiente desempeño de estas funciones, demanda el desarrollo de la capacidad regional, tanto a nivel de los recursos humanos, técnicos, físicos, administrativos y financieros, como el de una base sólida de información oportuna y confiable sobre la situación regional y sus perspectivas.

No es necesario destacar el papel que en este proceso juega la disponibilidad de un sistema de indicadores económicos y sociales. La conformación de un sistema de cuentas regionales y dentro de ellas el correspondiente a las cuentas sociales constituye un paso fundamental en este proceso.

La población base de todo proceso planificador

Elemento primordial dentro del sistema de indicadores regionales, es la base de datos socio-demográficos. No sobra recordar que la población es objeto y sujeto de todo proceso planificador y que hacia el logro de niveles crecientes de bienestar y productividad, se encaminan todas sus acciones.

Sería redundante detenernos en estas reflexiones. Lo que importa destacar, es la necesidad que tienen los planificadores de disponer de un amplio, oportuno y fidedigno conocimiento acerca de la población para la cual se supone están trabajando. La información respecto de su volumen, y composición, así como su distribución y movimiento, al igual que de sus principales características en cuanto al nivel de calificación, condiciones de salud y grado de satisfacción de sus necesidades básicas, entre otros aspectos, nutre la gestión planificadora. Sin dicha información, sería impensable su labor.

Necesidad de escenarios previsibles

Si como se afirma "la planificación es la capacidad de reducir la incertidumbre en los procesos del desarrollo", se comprenderá la importancia de disponer de un escenario razonable que brinde una visión a mediano y largo plazos sobre el curso probable de la evolución demográfica nacional y regional. Este escenario permite examinar y precisar oportunamente las consecuencias de diverso orden que su comportamiento genera y contribuye a disponer con la debida antelación las medidas necesarias para resolver sus efectos negativos o para acrecentar las ventajas que eventualmente pueda ofrecer. Por fortuna los procesos demográficos son de carácter estructural y su comportamiento es en gran medida previsible en el corto y mediano plazos, salvo la ocurrencia de contingencias fortuitas que puedan interrumpir abruptamente su normal desenvolvimiento. Es este carácter estructural de la dinámica demográfica el que le concede a las proyecciones de población una ventaja comparativa frente a otras disciplinas que como la economía se ven mayormente sujetas a las variaciones coyunturales. Ciertamente, el margen de seguridad que brindan las proyecciones demográficas se hace más vulnerable a medida que se desciende del nivel nacional al regional y local. Con todo aún, en estos niveles la demografía continúa manteniendo su ventaja comparativa en relación con otros campos donde se aplican igualmente las técnicas prospectivas.

Utilidad de las proyecciones subnacionales

Las proyecciones de población han venido siendo incorporadas de manera creciente como insumos en las actividades planificadoras: casi siempre en la elaboración de diagnósticos económicos y sociales; en menor medida en la elaboración de políticas, planes y programas; y menos frecuentemente aún, en las actividades de seguimiento y evaluación del impacto de las acciones ejecutadas.

A su insuficiente uso contribuyen diversas razones; entre las que se destaca el escaso conocimiento que los planificadores tienen acerca de las interrelaciones entre la población y el desarrollo.

A nivel regional, la limitada disponibilidad de información actualizada y suficientemente desagregada, hace aún más pobre, tanto en cantidad

como en calidad, la oferta de proyecciones de población incidiendo de esta manera en una baja utilización y en un restringido aprovechamiento de esta valiosa información.

Lo más corriente en nuestros países es que a nivel subnacional, sólo se cuente con proyecciones globales, elaboradas con base en tendencias intercensales apoyadas a su turno en cifras desactualizadas y sin arreglo a algún procedimiento de evaluación y ajuste. A estas deficiencias se suma la aplicación de elementales métodos matemáticos efectuados por personas con escasa o nula formación en el campo demográfico y lo que es aún más delicado, sin referencia a las tendencias nacionales, ni a las estrechas interdependencias regionales. La ausencia de rigor conceptual y metodológico y la precariedad de información y medios técnicos apropiados, genera una información parcialmente utilizable, cuando no funestas consecuencias para el uso más eficiente de los escasos recursos con que habitualmente se cuenta a nivel regional.

Disponiendo aún de información aceptable y de medios técnicos adecuados, las proyecciones de la población total, sin discriminar por edad y sexo, siendo de utilidad para muchos efectos, no deja de representar insalvables limitaciones para el planificador, como por ejemplo, para el establecimiento del comportamiento diferencial y cambiante de la demanda por bienes y servicios que la dinámica demográfica genera, o para la formulación de políticas encaminadas a afectar fenómenos socio-económicos asociados con dicha dinámica.

Para el planificador resulta de suma utilidad contar con juegos de proyecciones elaboradas por el "Método de los Componentes" por cuanto la información de base como la derivada le permite observar no sólo el estado de la población (volumen, composición por sexo y edad y distribución territorial), sino su movimiento en términos del comportamiento de las variables determinantes del cambio poblacional (la fecundidad, la mortalidad y los movimientos migratorios).

La utilidad de la información sobre el estado de la población en diferentes períodos radica en el conocimiento que suministra respecto de la magnitud y características de la población. Atendiendo al hecho de que las necesidades de las personas son diferenciales según el ciclo vital en que se encuentran, las proyecciones por sexo y edad permiten traducir y cuantificar la composición por dichos conceptos en términos de demanda de servicios de educación, salud, vivienda, recreación, empleo y seguridad social, entre otros. De esta suerte, la planeación social y la económica se valen de la información demográfica que las proyecciones proveen para la formulación de las políticas en las áreas respectivas, así como para el diseño de programas específicos, y para la correspondiente asignación de recursos que dichas acciones demandan, a nivel nacional, regional y local.

El sentido de esta relación entre la población y la planificación del desarrollo, es comúnmente reconocido e incorporado por parte de los planificadores, tanto del sector público como del privado. Para unos y otros, la dinámica demográfica adquiere significado en cuanto se expresa bajo la forma de demanda por bienes y servicios de variada naturaleza, distribuida territorialmente de modo diferencial de acuerdo con lo que indican las mismas proyecciones.

Menos reconocido y por consiguiente débilmente utilizado, es el otro sentido de la relación entre la población y el desarrollo, en el que la dinámica demográfica aparece como un producto o resultado de las condiciones del desarrollo económico y social. Es precisamente bajo esta perspectiva cuando la información sobre el cambio de la población adquiere una significación, tanto o más importante que cuando se la considera únicamente como condición del desarrollo.

El conocimiento sobre el comportamiento de los parámetros demográficos determinantes del cambio poblacional y los factores económicos y sociales con ellos asociados, constituye un insumo insustituible para la planificación social y para el ordenamiento del desarrollo regional.

Las proyecciones nacionales reflejan un comportamiento promedio de los fenómenos vinculados con el movimiento de la población, homogeneizando la rica y cambiante heterogeneidad regional. No es posible a este nivel establecer las enormes disparidades en las condiciones de fecundidad, mortalidad o movilidad de la población, entre las diversas regiones y menos aún conocer el origen de estas diferencias.

El análisis demográfico en el que se apoya la elaboración de las proyecciones subnacionales, nos revela un universo de situaciones contrastadas al igual que de las fuerzas que operan en su configuración. En países como los nuestros, caracterizados por enormes desigualdades sociales y regionales, la información y el análisis sobre los procesos relacionados con la reproducción biológica y social, resulta de una importancia estratégica para la formulación de políticas encaminadas a la remoción y superación de las causas que originan estos desequilibrios.

La información sobre los diferenciales de la mortalidad infantil, por ejemplo, o sobre los patrones de fecundidad, o bien respecto de los flujos migratorios en diferentes períodos, le permiten al planificador identificar y cuantificar en el espacio las poblaciones en situaciones más críticas, establecer un orden más claro de prioridades, asignar más eficientemente los recursos e incorporar a los sectores y regiones relegadas a los procesos del desarrollo nacional.

Así mismo, el conocimiento acerca de los factores determinantes de la dinámica poblacional provee criterios para la definición de políticas,

estrategias y mecanismos encaminados a orientar dicha dinámica en una dirección favorable a la consecución de los objetivos del desarrollo, convirtiéndose de esta manera en un valioso auxiliar para las actividades relacionadas con la planificación poblacional.

Las proyecciones subnacionales y el desarrollo de la investigación y la información socio-demográfica

Los aportes que las proyecciones subnacionales pueden brindar al fortalecimiento y consolidación de la planificación del desarrollo regional, se hallan en relación con la existencia y disponibilidad de una base de información socio-demográfica suficientemente avanzada. Ello no es el caso en la mayoría de nuestros países. La inexistencia o precariedad de la información desanima a los investigadores y obliga a los usuarios a resignarse o a improvisar el dato que necesita. Esta situación es paradójica si se considera que los eventos demográficos fundamentales tienen su origen casi siempre en los hogares y su registro se efectúa por lo regular en las unidades administrativas más pequeñas. Existe en el fondo un problema fundamentalmente de organización del sistema de información, tanto a nivel del registro, recopilación y procesamiento, como de su difusión y análisis, que impide su más amplia utilización.

La introducción, expansión y consolidación de las prácticas de proyecciones subnacionales de población, pueden contribuir a la ruptura de este círculo vicioso de baja utilización y estancamiento del desarrollo de la información.

Con el impulso que viene adquiriendo la planeación del desarrollo regional, con las medidas de descentralización de la actividad planificadora, y con la consiguiente descentralización de la investigación y el crecimiento de la capacidad técnica local se están creando las condiciones para superar las ancestrales restricciones e impulsar el avance y utilización del conocimiento respecto de las condiciones del desarrollo regional. En la medida en que los sistemas de proyecciones subnacionales logren aprehender e interpretar las complejas dimensiones de la vida regional, se irá abriendo paso el reconocimiento de su valor como herramienta indispensable para la transformación de la economía y la sociedad regional.

La aplicación rigurosa, sistemática y permanente de los métodos y técnicas de proyecciones de población a los diferentes niveles en que se efectúan las actividades planificadoras, se constituirá en uno de los elementos más poderosos para el avance de la investigación regional y para el montaje de bases de datos y sistemas de indicadores que satisfagan las necesidades de quienes tienen la responsabilidad de tomar decisiones que afectan el desarrollo de la sociedad provinciana y aldeana.

En síntesis, la práctica de las proyecciones de población pueden contribuir al impulso, y perfeccionamiento de las fuentes tradicionales y al desarrollo de nuevas fuentes y metodologías de investigación socio-demográficas, al igual que al avance de otras áreas del conocimiento directamente relacionadas con los fenómenos demográficos.

Las interdependencias regionales y la evolución demográfica nacional

Una de las ventajas más apreciables que ofrece un sistema de proyecciones subnacionales es el de poder advertir y precisar el tejido de interrelaciones existentes entre las distintas unidades político-administrativas, bien sean ellas de subordinación o dominancia. Las áreas de mayor desarrollo relativo, proyectan su influencia sobre sus vecinas deprimidas no sólo en términos demográficos, sino fundamentalmente en lo relativo a transferencia de recursos. La interdependencia regional configura unidades socio-económicas de carácter supraregional que el demógrafo y el planificador deben considerar como un conjunto orgánico con sus expresiones locales específicas, que adquieren sentido sólo cuando se las considera dentro de la totalidad de la que forma parte indisoluble.

El análisis demográfico contribuye al establecimiento del carácter, sentido, e intensidad de estas interdependencias. A través de la evolución demográfica se ponen de manifiesto nexos más profundos que advierten sobre los factores que determinan el atraso y el relegamiento de las unidades dependientes, lo cual no sería posible si se considerara cada unidad separadamente.

Esta realidad alerta al demógrafo de que al proyectar las poblaciones subnacionales no está operando en mundos separados. De ahí que resulte de la mayor conveniencia que las proyecciones subnacionales se elaboren dentro de un marco de coordinación institucional capaz de orientar y articular los subconjuntos, en el contexto de las grandes tendencias de evolución de la población nacional y de las interdependencias regionales.

Proyecciones de población a nivel nacional. Método de los componentes

José Miguel Pujol
CELADE

I. Introducción

En estas breves notas se pretende, por una parte, resumir los principales aspectos a tomar en cuenta para la realización de una proyección de población por sexo y edad a nivel nacional, y por otra, dar una somera descripción del método de los componentes tal como es desarrollado en el programa de computación elaborado por la División de Población de las Naciones Unidas.

El método se llama así porque toma en cuenta las variables o componentes del crecimiento demográfico es decir: la fecundidad, la mortalidad y la migración que al tratarse de proyecciones nacionales es de tipo internacional.

II. Etapas del método de componentes

La aplicación de este método implica pasar por las siguientes etapas:

1. Estimación de las componentes básicas del cambio demográfico y su tendencia en un pasado reciente. En esta etapa deben hacerse todas las estimaciones posibles tomando toda la gama de información disponible para cada una de las variables demográficas. Por supuesto que se dejarán de lado las estimaciones que no sean suficientemente confiables.
2. En una segunda etapa se tratará de buscar la mejor versión posible de estas variables, buscando que describan la evolución de la población por sexo y grupos de edad para un período determinado. Actualmente se considera en CELADE que un período aceptable para hacer esta descripción es el comprendido entre 1950 y 1985. Esto supone que la evolución de las tres variables demográficas, en este período, sea coherente con las informaciones referentes a población por sexo y grupos de edad que provienen generalmente de los censos de población levantados en dicho período. Así se estimará una población base por sexo y grupos de edad, que puede estar referida, por ejemplo, a la fecha del último censo de población levantado en el país. Luego, tomando esta población como punto de partida, se podrá determinar la evolución de la población para el período que interesa, en este caso 1950-1985. Es decir, se podrá determinar una población inicial en 1950 que al ser "proyectada" hacia adelante, de cinco en cinco años, por ejemplo, con el conocimiento de las variables demográficas de este período, hará posible estimar las poblaciones por sexo y grupos de edad, por períodos quinquenales entre 1950 y 1985. Estas estimaciones deberán ser totalmente compatibles con la población base estimada anteriormente.
3. Finalmente se puede hacer la proyección propiamente dicha, para lo cual será necesario estimar cada una de las variables demográficas desde el año 1985 hasta el año que se pretenda proyectar la población. La fecha hasta la cual se realizan estas proyecciones en CELADE y en la División de Población de las Naciones Unidas, es el año 2025. Cabe mencionar que las proyecciones realizadas por CELADE son las que la División de Población de Naciones Unidas, adopta como cifras oficiales de población.

Una vez proyectadas las variables demográficas, se estimará la población por sexo y grupos quinquenales de edad —de cinco en cinco años—

para todos los años terminados en los dígitos 0 y 5. Las estimaciones se hacen para mediados de estos años. Como resultado de este proceso se obtendrá finalmente una versión de la evolución de la población para cada uno de los años que terminan en los dígitos indicados y para cada quinquenio en el caso de las variables demográficas.

III. Indicadores demográficos utilizados por el método

Como se ha expresado anteriormente, primero se determina la evolución de las variables demográficas. Los indicadores utilizados para medir en cada caso a dichas variables, corresponden a los utilizados por el programa de computación de proyecciones de población elaborado por la División de Población de Naciones Unidas. Estos indicadores son de dos tipos, por un lado están los que dan una medición del nivel general y por el otro los que permiten visualizar las estructuras por edad de dicha variable. Se verá en cada caso en particular, cuales son los parámetros utilizados para tener este tipo de información.

Fecundidad: en este caso, el indicador de nivel global utilizado, es la tasa bruta de reproducción, TBR, (o la Tasa Global de Fecundidad, TGF). En cuanto a la estructura se utilizan las tasas de fecundidad por grupos quinquenales de edad entre 15 y 50 años, ${}_5f_x$.

Es necesario contar con estimaciones previas de nivel y estructura al menos para dos fechas, buscando ver cómo varían en el tiempo, es decir su tendencia pasada, lo que conjuntamente con otros antecedentes que puedan tener incidencia de algún modo en la fecundidad actual, nos permitirá proyectar esta variable.

Mortalidad: el indicador utilizado para la medición del nivel de la mortalidad es la esperanza de vida al nacimiento, según sexo (e_0^s). Para la estructura de la mortalidad se utilizan las relaciones de sobrevivencia por edad ${}_5P_{x,x+4}$, también discriminadas por sexo. Estas relaciones representan la probabilidad de que la población de un grupo quinquenal de edad sobreviva cinco años.

Disponer de estos indicadores implica construir previamente tablas de mortalidad por sexo, al menos para un momento.

Migración: en este caso se requiere contar con estimaciones de saldos migratorios, los que puedan ser calculados a partir de información tanto de inmigrantes como de emigrantes. Estos saldos migratorios se deben tener por sexo y grupos de edad y por períodos quinquenales.

Se requieren las estimaciones de fecundidad y mortalidad para cada uno de los quinquenios de la proyección. En la práctica es como suponer que tanto la fecundidad como la mortalidad se mantienen constantes dentro de cada período quinquenal. En lo que se refiere a la migración, el saldo migratorio está medido al final de cada quinquenio y el estimador corresponde al número de personas según sexo y grupos de edad; el saldo será positivo si hay mayor inmigración que emigración y será negativo si ocurre lo contrario.

El supuesto en cuanto a la migración internacional es que ésta se produce a mediados de cada quinquenio a pesar de que la medición de los saldos migratorios se hace al final de cada período.

Así es que para calcular los nacimientos ocurridos en el período se suman los nacimientos tenidos por las mujeres inmigrantes y se restan los que corresponden a las emigrantes. Algo similar sucede con las muertes ocurridas en cada quinquenio: a las defunciones de los nativos (definiendo como nativos a los individuos presentes en el país a principio del quinquenio) se les suman las de los inmigrantes y se le restan las de los emigrantes.

IV. Los datos básicos

La información necesaria para estimar las variables demográficas variará de acuerdo con la calidad de los datos de cada país, pero se puede decir que en general, para la estimación de la fecundidad, es necesaria alguna de las informaciones siguientes:

- a) Estadísticas vitales de nacimientos, según edad de la madre, las que combinadas con la población femenina por grupos quinquenales de edad provenientes de un censo, permiten el cálculo de tasas específicas de fecundidad y por lo tanto, de las tasas globales de fecundidad.
- b) La información total de hijos tenidos y la de hijos tenidos en el último año por las mujeres, ambas provenientes de un censo o una encuesta, la que permite, mediante la aplicación de métodos especiales determinar tasas de fecundidad por edad de manera indirecta.
- c) El rejuvenecimiento de la población de un censo o una encuesta, que permite determinar nacimientos en el pasado y relacionarlo con mujeres en edad fértil. Así, con el método de hijos propios, se puede determinar la evolución de tasas de fecundidad en un pasado reciente.
- d) Otra información como es la historia de embarazos proveniente de una encuesta.

Para la estimación de la mortalidad se requiere utilizar uno o más de los siguientes tipos de información:

- a) Estadísticas vitales de defunciones según sexo y edad, las que al relacionarlas con la población de un censo permiten calcular tasas de mortalidad por edad n^m_x mediante las cuales se pueden construir tablas de mortalidad.
- b) Información sobre hijos tenidos vivos según edad de la madre, obtenida a través de censos o encuestas, con datos sobre cuántos de ellos han fallecido y preguntas acerca de si está viva o muerta la madre u otros familiares. Esto permite, a través de metodologías especiales, hacer estimaciones indirectas de la mortalidad.
- c) Información que permita aplicar la teoría de las poblaciones estables, así como la utilización de los modelos de Coale y Demeny, combinada con información de la población real como puede ser la estructura por edad y la tasa de crecimiento.

Igualmente en el caso de las estimaciones de la migración internacional, se puede recurrir a diferentes tipos de datos según la disponibilidad:

- a) Información de inmigrantes llegados a un país de acuerdo con la información de un censo de población. Para ésto, es necesario disponer de tabulaciones según lugar de nacimiento, lugar de residencia n años antes y/o de la fecha de llegada al país de los extranjeros.
- b) Información de emigrantes, para lo cual se requiere de tabulaciones similares a las utilizadas para los inmigrantes, pero de censos de otros países. CELADE dispone de estos datos para todos los países de la región, ya que a través de su programa de Investigación de la Migración Internacional en América Latina (IMILA), solicita y reúne esta información para cada país y a su vez entrega los datos de inmigrantes de una determinada nacionalidad, recolectados en censos de otros países.
- c) Otras informaciones, como por ejemplo la obtenida al preguntar, en censos o encuestas, a las mujeres sobre el número de hijos que residen en el exterior, lo que permite calcular de manera indirecta el número de emigrantes a través de métodos especiales.
- d) Cálculos de saldos migratorios intercensales obtenidos proyectando la población censal al principio del período, con la mortalidad y la fecundidad intercensal para luego compararlo con la población censal al final del período.
- e) Otras informaciones provenientes, por ejemplo, de registro de entradas y salidas del país o encuestas de migración.

V. Esquema de la proyección de población según el método de componentes y cálculo de tasas

1. El Esquema de Proyección

Se verán a continuación los algoritmos para proyectar la población por sexo y edad en un quinquenio determinado entre t y $t+5$.

Si se dispone de la población por sexo y grupos quinquenales de edad en el momento t , primero interviene la mortalidad para determinar los sobrevivientes al final del quinquenio y luego la migración, con lo cual se determina la población definitiva al momento $t+5$,

$${}_5N_{x+5}^{t+5} = {}_5N_x^t \cdot {}_5P_{x,x+4}^{t,t+5}$$

$${}_5N_{x+5}^{t+5} = {}_5NS_{x+5}^{t+5} + {}_5SM_{x+5}^{t+5}$$

donde:

${}_5N_x^t$: es la población de edades entre x y $x+5$ en el momento t .

${}_5P_{x,x+4}^{t,t+5}$: es la relación de sobrevivencia por 5 años de las personas que tienen edades entre x , $x+5$; válida para el período $t, t+5$; es decir, es la probabilidad que tienen las personas con edades entre x y $x+5$ años en t , de sobrevivir 5 años.

${}_5NS_{x+5}^{t+5}$: son los sobrevivientes, tomando en cuenta sólo el efecto de mortalidad, de edades entre $x+5$ y $x+10$ en el momento $t+5$, de las personas que en t tenían entre x y $x+5$.

${}_5SM_{x+5}^{t+5}$: es el saldo migratorio de personas que tienen edades entre $x+5$ y $x+10$ años, medido en el momento $t+5$.

${}_5N_{x+5}^{t+5}$: son las personas proyectadas al año $t+5$ que tienen edades entre $x+5$ y $x+10$.

En el caso del grupo abierto las relaciones son similares:

$$NS_{80y+}^{t+5} = ({}_5N_{75}^t + N_{80y+}^t) \cdot P_{75y+}^{t,t+5}$$

$$N_{80y+}^{t+5} = NS_{80y+}^{t+5} + SM_{80y+}^{t+5}$$

En este caso la población sobreviviente de 80 años y más en el momento $t+5$, es igual a la población que en t tiene 75 años y más multiplicada por la relación de sobrevivencia de dicho grupo. La población proyectada al término del periodo, se obtiene agregando el saldo migratorio a los sobrevivientes. En el Cuadro 1 aparece el esquema que indica una proyección entre el año t y el año $t+5$. Este esquema es aplicable tanto a la población masculina como a la femenina.

Cuadro 1

Esquema de una proyección de población entre t y $t+5$.

Edad	Población al año t	Relaciones de sobrevivencia entre t y $t+5$	Sobrevivientes al año $t+5$	Saldo migratorio del periodo $t, t+5$	Población proyectada al año $t+5$
Nacimiento	$B_{(t,t+5)}$	$P_b^{t,t+5}$			
0-4	${}_5N_0^t$	$P_{0-4}^{t,t+5}$	${}_5NS_0^{t+5}$	${}_5SM_0^{t+5}$	${}_5N_0^{t+5}$
5-9	${}_5N_5^t$	$P_{5-9}^{t,t+5}$	${}_5NS_5^{t+5}$	${}_5SM_5^{t+5}$	${}_5N_5^{t+5}$
10-14	${}_5N_{10}^t$	$P_{10-14}^{t,t+5}$	${}_5NS_{10}^{t+5}$	${}_5SM_{10}^{t+5}$	${}_5N_{10}^{t+5}$
15-19			${}_5NS_{15}^{t+5}$	${}_5SM_{15}^{t+5}$	${}_5N_{15}^{t+5}$
70-74	${}_5N_{70}^t$	$P_{70-74}^{t,t+5}$			
75-79	${}_5N_{75}^t$	$P_{75y+}^{t,t+5}$	${}_5NS_{75}^{t+5}$	${}_5SM_{75}^{t+5}$	${}_5N_{75}^{t+5}$
80 y más	N_{80y+}^t		NS_{80y+}^{t+5}	SM_{80y+}^{t+5}	N_{80y+}^{t+5}

Con las relaciones anteriores es posible obtener la proyección al año $t+5$ de una población de cinco años y más.

Como la población menor de cinco años en $t+5$ proviene de los nacimientos ocurridos en el quinquenio $t, t+5$, es necesario previamente estimar esos nacimientos:

$$\begin{aligned}
 B_{(t,t+5)} &= ({}_5N_{15}^t + {}_5N_{15}^{t+5}) {}_5P_{15}^{t,t+5} + ({}_5N_{20}^t + {}_5N_{20}^{t+5}) {}_5P_{20}^{t,t+5} \\
 &+ \dots + ({}_5N_{45}^t + {}_5N_{45}^{t+5}) {}_5P_{45}^{t,t+5} \quad 5/2 \\
 &= \sum [({}_5N_x^t + {}_5N_x^{t+5}) \cdot {}_5P_x^{t,t+5}] \cdot 2.5
 \end{aligned}$$

donde:

${}_5N_x^t$: es la población femenina por grupos quinquenales de edad, en edad fértil, es decir entre 15 y 50 años, a principio del quinquenio (t).

${}_5N_x^{t+5}$: es la población femenina por grupos quinquenales de edad, en edad fértil al final del quinquenio (t + 5).

${}_5f_x^{t,t+5}$: son las tasas de fecundidad por grupos quinquenales de edad, para el período t,t + 5.

$B_{(t,t+5)}$: son los nacimientos ocurridos durante el quinquenio t,t + 5

Como se ha indicado, el método de proyección se aplica separadamente para hombres y mujeres, lo que hace necesario diferenciar los nacimientos masculinos y femeninos. Si se supone que la relación de masculinidad al nacer es de 105 hombres por cada 100 mujeres se pueden obtener los nacimientos femeninos de la siguiente forma:

$$B_{(t,t+5)}^F = B_{(t,t+5)} \cdot 100 / 205$$

Una vez calculados los nacimientos femeninos $B_{(t,t+5)}^F$, se obtienen los sobrevivientes al año t + 5

$${}_5NS_0^{t+5} = B_{(t,t+5)}^F \cdot p_b^{t,t+5}$$

donde:

${}_5NS_0^{t+5}$: es la población femenina menor de cinco años sobreviviente al año t + 5

$p_b^{t,t+5}$: es la relación de sobrevivencia femenina al nacimiento, es decir, la probabilidad de que las niñas nacidas durante el período t,t + 5, sobrevivan hasta el momento t + 5

$B_{(t,t+5)}^F$: nacimientos femeninos ocurridos en el período t,t + 5

Al igual que en los casos anteriores, se calcula la población, en este caso femenina, al final del período, agregando el saldo migratorio.

$${}_5N_0^{t+5} = {}_5NS_0^{t+5} = {}_5SM_0^{t+5}$$

donde:

${}_5N_0^{t+5}$: es la población de menores de cinco años, proyectada al final del quinquenio $t, t+5$

${}_5SM_0^{t+5}$: es el saldo migratorio de las menores de cinco años, medido en el momento $t+5$

De este modo se obtiene el esquema completo de una proyección de población entre el momento t y $t+5$. Como ya se dijo este esquema se aplica tanto al sexo masculino como al femenino, con una parte en común: el cálculo de los nacimientos del quinquenio a partir de las tasas de fecundidad femenina y la correspondiente población de mujeres.

Este esquema se repite para cada período histórico u observado, es decir, entre 1950 y 1985 por ejemplo, y para cada período de la proyección entre 1985 y el año 2025. Además los momentos t indicados en estas proyecciones se refieren al 30 de junio de años terminados en 0 o en 5. Por último, como ya se indicó, se trabaja por grupos quinquenales de edad desde 0-4 hasta 75-79, y el grupo abierto de 80 y más.

2. Cálculo de las tasas demográficas en cada período de la proyección

a) Cálculo de la tasa bruta de natalidad

Los nacimientos de cada período se han estimado, de acuerdo con el esquema de proyección, en función de la población femenina en edad fértil del principio y final de cada quinquenio, y de las tasas específicas de fecundidad de ese quinquenio.

La tasa bruta de natalidad se calcula de acuerdo con la siguiente relación:

$$b_{(t,t+5)} = B_{(t,t+5)} / \bar{N}_{(t,t+5)} \cdot 1/5$$

donde:

$b_{(t,t+5)}$: es la tasa bruta media anual de natalidad del período $t, t+5$

$B_{(t,t+5)}$: nacimientos totales ocurridos durante el período $t, t+5$

$\bar{N}_{(t,t+5)}$: población total a mitad del quinquenio $t, t+5$, o población total media de dicho período

b) Cálculo de la tasa bruta de mortalidad

En primer lugar para el cálculo de la tasa bruta de mortalidad es necesario disponer de las defunciones del período.

Las defunciones corresponden por una parte a la población nativa, es decir, a las defunciones que habría en caso de que no existiera migración internacional. Además deben estimarse las defunciones del saldo migratorio. En caso de que haya inmigración, es decir, si el saldo migratorio es positivo, estas defunciones se agregan a las de nativos y se restan si existe emigración, o sea si el saldo es negativo.

$$DN_{(t,t+5)} = N_{(t)} + B_{(t,t+5)} - NS_{(t,t+5)}$$

donde:

$DN_{(t,t+5)}$: son las defunciones de la población cerrada a la migración en el período $t,t+5$

$N_{(t)}$: es la población total a principio del quinquenio, es decir en el momento t

$B_{(t,t+5)}$: son los nacimientos totales del quinquenio $t,t+5$,

$NS_{(t,t+5)}$: es la población total al final del quinquenio, o sea al momento $t+5$, suponiendo que es una población cerrada, es decir, que no hay migración en el período $t,t+5$

Para calcular las defunciones correspondientes a los migrantes del quinquenio, primero se determina una población migrante virtual a principios del quinquenio en estudio, y la diferencia obtenida de la población virtual al momento inicial del quinquenio y los migrantes al final de ese período, corresponde a las defunciones de esos migrantes durante los cinco años considerados. De estas defunciones la mitad ocurre en el país en estudio y la otra mitad en el extranjero, en el supuesto de que la migración se produce a mitad del quinquenio.

$$DM_{(t,t+5)} = 1/2 \left(({}_5SM_0^{t+5} / P_b^{t,t+5}) + \sum_0^{70} ({}_5SM_{x+5}^{t+5} / P_{x,x+4}^{t,t+5}) + SM_{80y}^{t+5} / P_{75y+}^{t,t+5} \right) - SM_{(t+5)}$$

donde:

$DM_{(t,t+5)}$: son las defunciones de los migrantes ocurridas en el quinquenio $t,t+5$

La tasa bruta de mortalidad se calcula mediante la siguiente relación:

$$d_{(t,t+5)} = \frac{D_{(t,t+5)} \cdot 1}{N_{(t,t+5)} \cdot 5}$$

donde:

$d_{t,t+5}$: es la tasa bruta media anual de mortalidad del quinquenio $t,t+5$

$D_{(t,t+5)}$: son las defunciones totales del quinquenio, que se obtienen por la suma algebraica de $DN_{(t,t+5)}$ y $DM_{(t,t+5)}$

$N_{(t,t+5)}$: población total media del período $t,t+5$

c) Cálculo de la tasa bruta de migración neta

Como se dijo anteriormente el saldo migratorio, o sea la diferencia entre los inmigrantes y los emigrantes de cada período quinquenal, está medido, tanto para los totales por sexo como para cada grupo de edad, al final del quinquenio. Sin embargo, el supuesto del método es que la migración se produce a mitad del período, por lo tanto es necesario determinar los migrantes en esa fecha. Para esto se trabaja con la información disponible –migrantes al final del período– y se rejuvenecen con la mortalidad del quinquenio, para determinar los migrantes virtuales a principio del período. Esto supone que la mortalidad de los migrantes es la misma que la de los nativos.

Finalmente se promedian las cifras del saldo migratorio y de los migrantes virtuales medidos al final y al principio del período respectivamente, obteniéndose una estimación del saldo migratorio medido a mitad del quinquenio.

$$SM_{(t,t+5)} = 1/2 ({}_5SM_0^{t+5} / P_b^{t,t+5} + \sum_{x=5}^{70} ({}_5SM_{x+5}^{t+5} / P_{x,x+4}^{t,t+5}) + {}_5SM_{80+}^{t+5} / P_{75+}^{t,t+5} + SM_{(t+5)})$$

En que $\overline{SM}_{(t,t+5)}$ es el saldo migratorio del quinquenio estimado a mitad del período. La tasa de migración se calcula mediante la siguiente relación:

$$m_{(t,t+5)} = \frac{\overline{SM}_{(t,t+5)} \cdot 1}{\overline{N}_{(t,t+5)} \cdot 5}$$

En la cual $m(t, t+5)$ representa la tasa neta anual de migración del período $t, t+5$

d) Cálculo de la tasa bruta de crecimiento

- i) El crecimiento natural se define como la diferencia entre los nacimientos y las defunciones del quinquenio.

$$CN_{(t,t+5)} = B_{(t,t+5)} - D_{(t,t+5)}$$

En donde $CN(t, t+5)$ representa el crecimiento vegetativo o natural del quinquenio $t, t+5$

La tasa bruta de crecimiento natural se calcula de la siguiente manera:

$$rN_{(t,t+5)} = \frac{CN_{(t,t+5)}}{N_{(t,t+5)}} \cdot \frac{1}{5} = b_{(t,t+5)} - d_{(t,t+5)}$$

En donde $rN_{(t,t+5)}$ es la tasa bruta de crecimiento natural medio anual del período $t, t+5$, que puede ser expresada tanto como cociente del crecimiento natural respecto a la población media, como la diferencia entre las tasas brutas de natalidad y mortalidad.

- ii) El crecimiento total es el crecimiento natural del período, más el efecto de la migración,

$$CT_{(t,t+5)} = B_{(t,t+5)} - D_{(t,t+5)} + SM_{(t,t+5)} = CN_{(t,t+5)} + SM_{(t,t+5)}$$

En donde $CT(t, t+5)$ es el crecimiento total del quinquenio $t, t+5$, que puede ser expresado como la suma del crecimiento natural $CN(t, t+5)$ y el saldo migratorio estimado a mitad del período indicado.

La tasa bruta de crecimiento total se calculará como cociente entre el crecimiento total y la población media del período, o como suma algebraica de la tasa de crecimiento vegetativo y la tasa de migración:

$$rt_{(t,t+5)} = \frac{CT_{(t,t+5)}}{N_{(t,t+5)}} \cdot \frac{1}{5} = rN_{(t,t+5)} + m_{(t,t+5)}$$

En donde $rt_{(t,t+5)}$ es la tasa bruta de crecimiento total del quinquenio $t, t+5$

En general todas estas tasas demográficas se expresan por mil.

VI. Proyección de la mortalidad

La proyección de la mortalidad consta de dos pasos. Primero se proyecta el nivel, es decir la esperanza de vida al nacer, por sexo; y luego la estructura de la mortalidad, o sea las relaciones de sobrevivencia por sexo y edad.

Con el fin de proyectar la estructura de la mortalidad, en CELADE se elaboraron tablas de mortalidad límite, las que son utilizadas como los valores máximos que puede tomar la ley de mortalidad por edad.

1. Tablas de mortalidad límite

En 1952 Jean Bourgeois Pichat elaboró unas tablas de mortalidad, extrapolando las tendencias observadas en diversos países de baja mortalidad, fundamentalmente Noruega.

Estas tablas se construyeron estudiando la mortalidad según causas de muerte, y se determinó, para cada sexo y grupo de edad, cuál era la mortalidad endógena límite, es decir, la mortalidad mínima de acuerdo a los conocimientos médicos de ese momento.

De este modo se determinaron tablas de mortalidad por sexo consideradas como límites las que arrojaron valores de esperanza de vida al nacer de 76,3 años para hombres y 78,2 años para mujeres. Se hace notar que estas tablas límite fueron utilizadas para construir las Tablas Modelos de Naciones Unidas, entre cuyos fines está el de proyectar la mortalidad.

Sin embargo estas tablas, en lo que se refiere a la esperanza de vida al nacer, se contraponen con la experiencia de diferentes países en los que se observa un mayor diferencial entre hombres y mujeres y además las esperanzas de vida han sido sobrepasadas por algunos países. Con referencia a los diferenciales entre sexos, se observa que éstos se incrementan a medida que disminuye el nivel de la mortalidad y es así que se tienen diferencias del orden de seis a siete años o más, en países de baja mortalidad.

En 1979 Bourgeois-Pichat rehizo este estudio, determinando esperanzas de vida al nacer de 73,8 años para hombres y 80,3 para mujeres.

Si bien el diferencial obtenido en esta segunda oportunidad era aceptable, la estructura por edades de la mortalidad masculina presentaba un comportamiento tal que la mortalidad de jóvenes era más baja que en

1952, y la de adultos y ancianos mayor, con el agravante de que era aún mayor que la observada en algunos países, incluso latinoamericanos. Para corregir este problema, en CELADE se hicieron dos estudios en cada uno de los cuales se elaboraron nuevas tablas de mortalidad límite. Por ejemplo, en uno de dichos estudios se cambió la estructura de la mortalidad masculina adoptando la del sexo femenino. Además se vió que las esperanzas de vida al nacer, de los países con baja mortalidad, estaban muy cercanas a los valores que presentaban las nuevas tablas límite. Por esta razón se tomó una esperanza de vida de 76 años para el sexo masculino, y de 82,5 años para el sexo femenino, y se construyeron nuevas tablas con el sistema logito ideado por Brass, adoptando como standar la tabla de mortalidad femenina de 1979. En el otro estudio, además de considerar las tablas de Bourgeois-Pichat, se tomaron tablas de mortalidad de países europeos con alta esperanza de vida.

Así se construyeron tablas de mortalidad para hombres y mujeres que pueden ser utilizadas como los valores límites a los cuales puede tender la mortalidad.

2. Proyección del nivel de la mortalidad

En la proyección del nivel de la mortalidad son varios los factores que deben ser tomados en cuenta. En primer lugar están los valores observados de la esperanza de vida al nacer y la tendencia de ellos a través del tiempo. Es muy importante la información de la que pueda disponerse sobre la mortalidad según causas de muerte, ya que éste es un antecedente valioso para hacer estimaciones de la mortalidad, cuando se cuenta con alguna planificación en el campo de la salud para plazos relativamente cercanos, como para el año 2000, por ejemplo.

Con el cálculo de un valor de esperanza de vida, proveniente de tablas de mortalidad del país, construidas para una fecha lo más actual posible, más una estimación de la esperanza de vida para el año 2000, y otros dos valores que pueden ser considerados límites, uno inferior arbitrario como, por ejemplo, 40 años, y uno superior que podría corresponder a la esperanza de vida al nacer de las tablas de mortalidad límite construídas en CELADE, se obtienen cuatro pivotes que permiten utilizar, al proyectar la mortalidad, una curva logística, de la forma:

$$e^o(t) = K_1 + K_2 / (1 + e^{a-bt})$$

en donde K_1 es el valor arbitrario de la esperanza de vida límite inferior y $K_1 + K_2$ son, según el sexo, los valores límites superiores que corresponden a las esperanzas de vida al nacer de las tablas límite adoptadas. Los otros dos parámetros, a y b , quedan determinados al

disponer de los otros dos pivotes que provienen de una tabla de mortalidad disponible de una fecha reciente y una estimación razonable de una esperanza de vida al nacimiento para el año 2000.

Al disponer de todos los parámetros de la logística es, posible estimar la esperanza de vida al nacer para todos los períodos de la proyección. Por supuesto que deben examinarse los valores resultantes de modo que la ganancia de la esperanza de vida en el tiempo sea cada vez menor y el diferencial entre los valores de hombres y mujeres sea cada vez mayor. Esto es lo que se observa generalmente en la gran mayoría de los países del mundo.

3. Proyección de la estructura de la mortalidad

Para la proyección de la estructura de la mortalidad es necesario disponer de una tabla de mortalidad observada por sexo, lo más reciente posible. Además se debe disponer de las esperanzas de vida al nacer por sexo para todos los períodos de la proyección y las tablas de mortalidad límite.

El procedimiento para determinar la mortalidad por edad de cada quinquenio de la proyección, consiste en interpolar linealmente las probabilidades de morir entre las tablas de mortalidad observada y límite, de modo de reproducir las esperanzas de vida al nacer de cada período. Esto se expresa mediante la siguiente relación:

$${}_nq_x^I = w \cdot {}_nq_x^O + (1-w) \cdot {}_nq_x^L$$

donde:

${}_nq_x^I$ = es la probabilidad de morir que reproduce la esperanza de vida deseada.

${}_nq_x^O$ = es la probabilidad de morir de la tabla de mortalidad observada.

${}_nq_x^L$ = es la probabilidad de morir de la tabla de mortalidad límite.

w = es el peso que se calcula de manera iterativa para obtener las ${}_nq_x^I$

Este procedimiento implica construir tablas abreviadas de mortalidad por sexo, para cada quinquenio de la proyección.

VII. Proyección de la fecundidad

Al igual que en la proyección de la mortalidad, la proyección de la fecundidad consta de dos etapas, la proyección del nivel, es decir, de la Tasa Global de Fecundidad (TGF) y la proyección de la estructura, o sea, las tasas específicas de fecundidad por edad (f_x).

1. Proyección del nivel de la fecundidad

Al proyectar la tasa global de fecundidad se deben tomar en cuenta varios antecedentes. Al igual que en el caso de la mortalidad, se debe examinar la situación del país, en especial en relación a sus políticas de población. En los países latinoamericanos estas políticas tienden a ser llevadas a cabo a través de programas que inciden en especial en la fecundidad.

Al estudiar cada país se debe prestar especial atención a la existencia de programas de planificación familiar, su antigüedad y su efectividad al estudiarlos comparativamente con la evolución de los niveles de fecundidad. Es decir, es muy importante estudiar la tendencia de la fecundidad, en especial, ligando dicho estudio a factores explicativos de las variaciones de nivel de la tasa global de fecundidad.

Además es necesario reunir información de los factores que puedan influir en la variación futura de la fecundidad, como por ejemplo, los planes futuros en cuanto a políticas de población, con especial acento en la fecundidad. También es conveniente saber cómo son los diferenciales de fecundidad en el país, urbano y rural por ejemplo, ver las causas posibles de esas diferencias y además tratar de obtener información de otros países en los cuales la fecundidad haya tenido en el pasado niveles y condiciones semejantes al país en estudio.

En estas condiciones se debe hacer una estimación del nivel de la fecundidad para una fecha relativamente cercana como lo es el año 2000.

La mecánica para estimar el nivel de la fecundidad para cada quinquenio de la proyección, es la utilización, al igual que en el caso de la mortalidad, de una curva logística de la forma:

$$TGF(t) = K_1 + K_2 / (1 + e^{a+bt})$$

en donde $K_1 + K_2$ es el valor máximo de la tasa global de fecundidad alcanzado en el pasado. Este valor puede ser, por ejemplo, del orden de 7 hijos por mujer; K_1 representa un valor límite mínimo que se

alcanzará en el futuro. Este valor mínimo se considera, en general, como el que equivale aproximadamente a una tasa neta de reproducción igual a 1, es decir que asegura exclusivamente el reemplazo de una mujer por otra. En términos de la tasa global de fecundidad este valor es levemente superior a dos hijos por mujer.

Los otros valores necesarios para poder determinar los parámetros de la logística son un valor observado y el valor estimado para el año 2000.

2. Proyección de la estructura de la fecundidad

En la proyección de la fecundidad se usa la curva de Gompertz, tanto para estudiar la tendencia observada en el pasado, como para hacer la proyección.

Para el estudio de la tendencia es necesario disponer al menos de dos estructuras observadas en un pasado reciente. Si estas estructuras se asimilan a una curva de Gompertz, es posible aplicar el procedimiento para proyectar la fecundidad. La curva de Gompertz es de la siguiente forma:

$$F_{(x)} / TGF = A^{B^x}$$

donde: x = es la edad

$F_{(x)}$ = es la fecundidad acumulada hasta la edad x

A y B = parámetros

Al calcular el doble logaritmo (multiplicando por -1 después de aplicar el primero), de esta función se tiene una transformada $V_{(x)}$ de la siguiente forma:

$$V_{(x)} = \ln (-\ln F_{(x)} / TGF) = \ln (-\ln A) + x \ln B$$

Como se puede observar la transformada $V(x)$ tiene una forma lineal del tipo:

$$V_{(x)} = a + bx$$

La forma de comprobar si una estructura de la fecundidad se asimila a una curva de Gompertz es calculando la transformada $V_{(x)}$ y examinando si se linealiza o nó con respecto a la edad x . En caso que los valores de la transformada describan aproximadamente una línea recta, significa que los valores de la fecundidad por edad corresponden, al menos aproximadamente, a la curva Gompertz.

Si se dispone de dos estructuras de fecundidad observada y al comprobar que ambas cumplen la condición indicada, es posible escribir una transformada en función de la otra. Si llamamos $V_{(x)}^s$ a la que corresponde a los datos de fecundidad más recientes y V_x a los de una fecha anterior, se tiene:

$$V_{(x)} = a + b x$$

$$V_{(x)}^s = a^s + b^s x$$

Se puede expresar la transformada de fecha anterior en función de la más reciente, que se pasa a denominar estandar.

$$V_{(x)} = a - a^s (b/b^s) + (b/b^s) V_{(x)}^s$$

Es decir, se tiene una relación lineal entre las dos transformadas del tipo:

$$V_{(x)} = \mathcal{L} + \beta V_{(x)}^s$$

Además por definición se puede escribir:

$$V_{(x)}^s = 0 + 1 V_{(x)}^s$$

De esta manera se tiene por lo menos para dos momentos, valores de la tasa global de fecundidad (TGF) y de los parámetros $\mathcal{L}$ y β . Recordemos que se dispone de las tasas globales de fecundidad para todos los quinquenios de la proyección, por lo tanto si se supone una variación lineal de los parámetros $\mathcal{L}$ y β en función de las tasas globales de la fecundidad, será posible determinar tanto los parámetros para cada quinquenio de la proyección ($\mathcal{L}^P$ y β^P), como los valores proyectados de la transformada de la fecundidad $V_{(x)}^P$ en función de dichos parámetros y de la transformada estándar de la fecundidad $V_{(x)}^s$:

$$V_{(x)}^P = \mathcal{L}^P + \beta^P V_{(x)}^s$$

de este modo a partir de $V_{(x)}^P$ se obtienen los valores de las tasas de fecundidad por edad para cada período de la proyección.

Es de notar que los valores $\mathcal{L}$ tienen relación con la edad media de la fecundidad por lo tanto a medida que disminuyen los valores de $\mathcal{L}$ decrecen los de la edad media, lo que concuerda con lo observado generalmente en el proceso de descenso de la fecundidad.

El parámetro β está asociado inversamente con la dispersión de la curva, de manera que al aumentar los valores de β disminuye la dispersión de ésta ya que se hace el supuesto de que la fecundidad se reduce especialmente en las edades extremas factor que se observa cuando desciende la fecundidad.

En resumen, las etapas a seguir en la proyección de la fecundidad implican, en primer lugar, hacer el examen de la transformada de la fecundidad $V(x)$ en relación con la edad x , para ver si tiene comportamiento lineal y así poder aplicar la metodología. Este examen debe hacerse al menos para dos fechas en las cuales haya información disponible.

Si de lo anterior se deriva que se puede aplicar la metodología, se escogerá una de las estructuras como estandar. En general se escogerá la información más reciente y la que sea más confiable en lo que se refiere a calidad de los datos.

Luego se expresa la otra estructura en función de la estandar, calculando los parámetros de la recta, por ejemplo a través del método de Wald. De este modo se dispone de dos valores para cada parámetro, los que se asocian a dos tasas globales de fecundidad.

Para la proyección de los valores α y β se debe tomar en cuenta el significado de estos parámetros, es decir, a una baja del nivel de la fecundidad, se asocia una disminución de la edad media de la fecundidad y una menor dispersión o sea que disminuye α y aumenta β . Hay oportunidades en que en los datos observados no se ve esta tendencia, probablemente debido a la mala calidad de la información.

VIII. Proyección del saldo migratorio

La proyección de esta variable es una de las más difíciles, debido, por una parte, a la mala calidad de la información disponible para realizar las estimaciones en el período observado, y por otra a lo difícil que es prever este fenómeno.

Como ya se ha indicado, las fuentes para obtener las estimaciones son fundamentalmente los censos de población. Los datos censales tienen una gran subestimación debido a que muchos inmigrantes son ilegales y no declaran su condición de migrantes en forma correcta.

En el caso de la migración, si bien se puede a veces estimar tanto la inmigración como la emigración, por lo general sólo se proyecta el saldo migratorio.

1. Proyección del nivel y estructura del saldo migratorio

La proyección del número absoluto de migrantes está basada principalmente en los antecedentes que se puedan reunir sobre políticas de

migración o cambios en la política existente en el país. Es necesario estudiar el tipo de flujos migratorios que afecta al país en estudio y las causas que los producen para poder extrapolar esta variable. Por lo tanto, se debe tener una idea comparativa de la situación económica y sus perspectivas entre los países involucrados en los flujos migratorios.

En caso que no existan mayores antecedentes para explicar grandes cambios, se puede hacer una hipótesis manteniendo constante el número absoluto de migrantes observado en el último quinquenio, o bien se puede disminuir este saldo en el futuro. Por ejemplo, puede suponerse que para el quinquenio 2020-2025, el saldo migratorio disminuirá hasta la mitad o se anulará totalmente. Si no hay una información que permita hacer otro supuesto se supone que la migración puede disminuir linealmente en el tiempo.

En lo que se refiere a la estructura, si existen tanto inmigración como emigración, se puede suponer que en la proyección se mantienen las estructuras de cada uno de los flujos para sumar algebráicamente las poblaciones resultantes dentro de cada sexo y grupo de edad o, más simplemente aún, si sólo se proyecta el saldo, se mantiene la estructura del último saldo migratorio observado.

IX. Las proyecciones de población elaboradas por CELADE

Se ha pretendido cubrir en estas notas dos objetivos básicos: por una parte describir el método de las componentes y por otra mostrar cómo opera en la práctica el programa de computación elaborado por la División de Población de las Naciones Unidas.

La División de Población de las Naciones Unidas es el organismo que prepara las proyecciones de la población por sexo y edad para todos los países del mundo y ha encargado al CELADE elaborar las proyecciones de veinte países de América Latina, las que adopta como oficiales.

El CELADE desde hace ya varios años ha mantenido la política de realizar estos estudios conjuntamente con los organismos oficiales encargados de la realización de las proyecciones de cada país. Una de las ventajas más importantes de esta política, es que se tiene una única versión oficial tanto para el país como para las Naciones Unidas.

Otra ventaja de hacer estas estimaciones en forma conjunta es que en CELADE, a lo largo del tiempo, se ha adquirido gran experiencia en esta labor y se cuenta con varios programas de computación e infraestructura

que favorecen la efectividad en esta tarea. Por otra parte los técnicos nacionales tienen el conocimiento de la información y antecedentes valiosísimos, necesarios para la evaluación de los datos con los que se trabaja.

En cuanto a la revisión de las proyecciones ésta se hace cada vez que se dispone de nueva información, como censos, encuestas o estadísticas vitales. La revisión de estas proyecciones puede significar la elaboración de una nueva proyección, el cambio de la hipótesis de variación de alguna variable o simplemente mantener las cifras ya existentes.

El período que abarcan las proyecciones de CELADE es a partir del año 1950 hasta el 2025. El período 1950-1985 corresponde, dentro de lo posible, a estimaciones basadas en la información observada y del año 1985 al 2025 a las proyecciones propiamente tales.

Las proyecciones de población a nivel nacional que se elaboran en el CELADE tienen una versión única para el período 1950-1985 y cuatro versiones para el período de la proyección. Las cuatro versiones difieren, por lo general, en lo referente a la hipótesis de fecundidad ya que se elabora una versión, que tiene sólo uso teórico, en la cual las tasas de fecundidad observadas en el quinquenio 1980-1985 se mantienen constantes para todo el período de proyección y son las que corresponden a la información más reciente o a estimaciones basadas en datos cercanos en el tiempo. En cambio se establece una sólo hipótesis de mortalidad y casi siempre una sólo de migración. De las otras tres hipótesis una corresponde a la variante que se denomina media y que se supone es la más adecuada, tomando en cuenta la evolución más probable de la fecundidad y por esta razón se le llama también hipótesis recomendada. Las dos hipótesis restantes corresponden a que la fecundidad evolucione alcanzando valores más altos que en la variante media denominándose variante alta, o que alcance valores más bajos en cuyo caso se llama variante baja.

El hecho de hacer varias hipótesis para la evolución futura de la fecundidad tiene relación con el gran impacto que ella tiene en la estructura por edad de la población.

Puede suceder que a pesar de elaborar las proyecciones de población en forma conjunta no se llegue a un acuerdo entre el CELADE y los técnicos del país en lo que se refiere a la hipótesis adoptada finalmente como oficial para el país y Naciones Unidas.

Cabe notar que el método demográfico conocido como el método de las componentes, tiene la gran ventaja que permite descomponer el crecimiento de la población de acuerdo con las tres variables que intervienen en él. De esta manera se puede observar en la estructura por

edades el efecto de dichas variables. Es probable, incluso, que en un futuro próximo se pueda elaborar un sistema en el que, trabajando con la misma metodología, se puedan obtener proyecciones de población por años calendario y por edades simples de manera directa, sin necesidad de acudir al uso de multiplicadores que provocan, a veces, algunas distorsiones en la estructura por edades de la población, o incoherencias entre cohortes.

Finalmente, se presenta en el Anexo un ejemplo de la proyección de Chile entre el año 1985 y 1990.

Bibliografía

1. RINCON, Manuel: "Conciliación censal y determinación de la población base" en Métodos para proyecciones demográficas, CELADE Serie E No. 1003, San José, Costa Rica, 1984.
2. PUJOL, José Miguel: "Procedimientos de proyección de la mortalidad utilizados en CELADE" en Métodos para proyecciones demográficas, op. cit.
3. ORTEGA, Antonio: "Tablas límites de mortalidad preparadas en CELADE-San José para su uso en proyecciones de población" en Métodos para proyecciones demográficas, op. cit.
4. CHACKIEL, Juan: "Proyección de la fecundidad: Criterios y procedimientos usados en CELADE" en Métodos para proyecciones demográficas, op. cit.

Tabla 1
Chile. Población por sexo y edad
30 de junio de 1985

Edad	Hombres	Mujeres
Total	5.982.988	6.138.689
0- 4	696.013	672.008
5- 9	610.594	595.004
10-14	629.882	613.574
15-19	632.235	618.835
20-24	626.493	617.446
25-29	541.858	537.768
30-34	458.391	459.249
35-39	372.067	378.931
40-44	316.685	329.811
45-49	252.097	267.717
50-54	220.610	244.788
55-59	188.589	216.053
60-64	145.352	175.530
65-69	112.779	145.922
70-74	80.853	111.675
75-79	54.195	82.138
80 y más	44.295	75.241

Tabla 2
Chile. Tasas de
fecundidad por edad
Período 1985-1990

Edad	Tasas de fecundidad
15-19	0.0674
20-24	0.1575
25-29	0.1473
30-34	0.0994
35-39	0.0538
40-44	0.0180
45-49	0.0022

NOTA: La relación de masculinidad al nacimiento utilizada en Chile fué 1.04.

Tabla 3
Chile. Relaciones de sobrevivencia
por sexo y edad
Período 1985-1990

Edad*	Hombres	Mujeres
Total	0.97859	0.98246
0- 4	0.99587	0.99669
5- 9	0.99742	0.99827
10-14	0.99634	0.99807
15-19	0.99367	0.99750
20-24	0.99061	0.99672
25-29	0.98773	0.99546
30-34	0.98401	0.99354
35-39	0.97785	0.99016
40-44	0.96884	0.98490
45-49	0.95297	0.97696
50-54	0.93389	0.96418
55-59	0.90432	0.95029
60-64	0.86129	0.92102
65-69	0.80153	0.86917
70-74	0.71131	0.80204
75 y más	0.52303	0.57586
e_0^0	68.05	75.05

* Edad al comienzo del período.

Tabla 4
Chile. Saldo migratorio por sexo y
edad
Período 1985-1990

Edad	Hombres	Mujeres
Total	- 23.000	- 27.000
0- 4	- 700	- 880
5- 9	- 1.000	- 1.100
10-14	- 1.500	- 1.800
15-19	- 2.500	- 3.000
20-24	- 4.500	- 5.700
25-29	- 5.100	- 6.000
30-34	- 2.400	- 2.900
35-39	- 2.200	- 2.000
40-44	- 1.400	- 1.350
45-49	- 650	- 850
50-54	- 430	- 590
55-59	- 350	- 460
60-64	- 100	- 150
65-69	- 80	- 100
70-74	- 50	- 60
75-79	- 30	- 50
80 y más	- 10	- 10

Tabla 5
Chile. Población por sexo y grupos
de edad
30 de junio de 1990

Edad	Hombres	Mujeres
Total	6.505.617	6.667.730
0- 4	751.005	724.772
5- 9	692.138	668.683
10-14	607.519	589.180
15-19	625.076	609.389
20-24	623.733	611.588
25-29	615.510	609.421
30-34	532.810	532.427
35-39	448.862	454.283
40-44	362.426	373.852
45-49	306.167	323.981
50-54	239.811	260.959
55-59	205.676	235.560
60-64	170.445	205.163
65-69	125.110	161.567
70-74	90.345	126.771
75-79	57.481	89.517
80 y más	51.503	90.618

Tabla 6
Chile. Algunos indicadores demográficos de la proyección
Período 1980-2000

Períodos	TGF	Esperanza de vida al nacer		Saldo migratorio	
		Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
1980-1985	2.80	67.55	74.55	-28.000	-32.000
1985-1990	2.73	68.05	75.05	-23.000	-27.000
1990-1995	2.66	68.54	75.59	-19.000	-21.000
1995-2000	2.60	69.00	76.10	-14.000	-16.000

Parámetros demográficos proporcionales: una alternativa para aplicar el “método de los componentes”, para proyectar la población de áreas pequeñas

Bernadette Waldvogel Giraldelli (*)

Introducción

Entre las formas de efectuar proyecciones de población, los métodos que consideran la interacción de las variables demográficas – fecundidad, mortalidad y migración – surgen como los más adecuados, ya que relacionan el crecimiento de la población con los elementos controladores de su dinámica.

(*) Demógrafa. Dirección de Estudios de Población de la Fundación Sistema Estatal de Análisis de Datos (SEADE), Sao Paulo, Brasil.

Estos modelos suponen que los efectos y las consecuencias en la composición y en el volumen de la población, pueden ser explicados demográficamente, a través de hipótesis formuladas para los componentes poblacionales en el futuro. La combinación de las diversas hipótesis de comportamiento definen un cuadro de situaciones posibles de ocurrir, en el caso de que las suposiciones determinadas en el presente realmente sean observadas.

Cuando el área objetivo a ser proyectada es pequeña, con una población numéricamente reducida, la aplicación de un modelo demográfico de proyecciones suele ser problemática. Ello sucede debido a las dificultades en la evaluación de la respectiva dinámica demográfica, ya sea debido a la inexistencia de datos poblacionales más detallados, o por la mayor ocurrencia de factores aleatorios que interfieren en las estimaciones, como consecuencia del número escaso de eventos vitales en localidades menores.

Algunos procedimientos metodológicos han sido propuestos con el fin de solucionar los problemas de proyecciones demográficas para áreas pequeñas. Entre tales procedimientos, se destacan los de Hakkert (1985), denominados "cuasi-componentes", y el otro propuesto por Duchesne (1987), denominado "relación de cohortes".

Partiendo del principio de IRWIN (1976) de que las funciones de fecundidad y mortalidad usadas en la proyección de la población regional pueden ser adoptadas también a nivel de cada localidad, Hakkert propuso un procedimiento en donde el crecimiento diferencial observado sería atribuido integralmente a la migración. Los procedimientos de este método consisten, primero, en procesar los residuos migratorios específicos por edad y sexo para cada región y para las subáreas y luego considerar que las tasas específicas por edad y sexo entre las subáreas y las tasas de migración regional en el período base son constantes, o sea, la relación entre estas tasas estimadas en el pasado será la misma en el futuro. Por último, considera que una proyección del tipo de cohorte de sobrevivientes puede ser preparada usando la fecundidad y la mortalidad regional proyectadas y los porcentajes específicos por edad y sexo, fijados para cada subárea de los residuos de la migración regional proyectada.

Este modelo tiene la propiedad de ser homogéneo, o sea, la consistencia es garantizada automáticamente, sin la necesidad de efectuar ajustes finales en las proyecciones de áreas pequeñas en relación a la población regional proyectada.

Además de este modelo alternativo, HAKKERT propuso otros dos modelos de cuasi-componentes para proyectar pequeñas áreas por edad y sexo, desarrollados para intentar corregir algunas distorsiones causadas por la suposición de homogeneidad del modelo anterior. El primero,

LB
8938
Eg. 2

denominado modelo de "componentes proporcionales", en donde los factores de proporcionalidad entre los procesos de la población básica, en ambos niveles, son estimados, y se asume que ellos se mantendrán en el futuro. En el segundo, denominado "mixed", la mortalidad es considerada uniforme, pero la fecundidad variable en cada municipio.

DUCHESNE propuso un procedimiento que también podría ser clasificado como "cuasi-componentes", que proyecta la población por edad y sexo y aplica las tasas de crecimiento obtenidas de las proyecciones del área mayor a los grupos de edad y sexo correspondientes. Esta constituye una tasa de sobrevivencia intercensal (proyectada) que contiene la mortalidad y la migración del área grande. Indudablemente los crecimientos de las áreas menores no son iguales al crecimiento del área mayor, y se tiene en cuenta el diferencial de crecimiento de las áreas menores con un índice o factor K, que mide también la variación del porcentaje de una cohorte del área menor en relación al área mayor, durante el quinquenio.

El índice de crecimiento diferencial, propuesto en este modelo, es la relación entre las tasas de crecimiento del área menor y del área mayor, o entre las proporciones de población entre ellas, en dos censos. La principal novedad es efectuar esta extrapolación de las proporciones por cohortes, de modo que la población de 0 a 4 años es calculada según tasas de fecundidad y mortalidad.

La propuesta del presente trabajo, es otra alternativa para aplicar la metodología de los componentes a las áreas pequeñas, e introduce algunos elementos simples para estas áreas, procurando estimar diferenciales para los respectivos niveles de las variables demográficas, partiendo de un análisis más completo de la dinámica poblacional del área mayor que contiene las áreas menores. Esta área mayor deberá presentar un contingente poblacional significativo, para que permita un mayor detalle de los datos básicos para el análisis de la tendencia demográfica.

El procedimiento metodológico aquí propuesto, estima parámetros demográficos proporcionales para cada área pequeña, buscando compatibilizar el crecimiento de cada subárea con el crecimiento esperado para el área mayor y dejando implícito en sus resultados la interacción de las tres variables responsables por la dinámica poblacional, así como la especificidad de cada subárea en particular.

Además del procedimiento aquí propuesto, se presentará una aplicación práctica a los municipios de una región seleccionada en el Estado de Sao Paulo (Brasil), con el objetivo de permitir una evaluación preliminar de los resultados obtenidos con esta alternativa para aplicar el "método de los componentes" para áreas pequeñas.

Descripción del procedimiento metodológico

La proyección por el "método de los componentes" parte de una división de la población de base en cohortes o subgrupos homogéneos. Para cada cohorte son aplicadas las correspondientes tasas de fecundidad, mortalidad y migración, con el fin de calcular la población del próximo período, el cual será la base de la población para el período siguiente. Este procedimiento es entonces repetido hasta la extensión final a ser proyectada.

En primer lugar, es necesario estimar las funciones de fecundidad, mortalidad y migración requeridas por este modelo. Esto se hace formulando hipótesis de comportamiento futuro para las tendencias demográficas, que tomarán por base la evolución pasada de la dinámica poblacional y el desarrollo y especificidad de cada región considerada, seleccionándose, después, una combinación de hipótesis que parezca ser la más factible de ocurrir.

Es importante partir de un estudio detallado y profundo del área mayor, cuyo volumen poblacional permita un mayor grado de desagregación, posibilitando la realización de las estimaciones necesarias, sin disminuir la precisión de las mismas, además de contar con informaciones específicas sobre el desarrollo socioeconómico y posibles caminos a ser seguidos en el futuro próximo. En general, lo mismo no sucede con las áreas pequeñas, en donde los datos suelen ser escasos y no se tiene un conocimiento profundo de las tendencias pasadas y futuras.

Otra limitante es la gran dificultad para formular hipótesis futuras sobre las variables demográficas de cada área menor. Primero, porque sería necesario un estudio exhaustivo de la dinámica poblacional y de la situación socioeconómica para cada una de ellas, para fundamentar las hipótesis de comportamiento en el período de proyección. Segundo, porque estas hipótesis formuladas para cada subárea no podrían ser consideradas aisladamente, debido a la gran influencia que las áreas limítrofes y regionales ejercen en el comportamiento de cada población, siendo necesario, además, considerar las interacciones entre las diversas áreas.

Para intentar solucionar esta cuestión, se propone estimar los parámetros de las subáreas a partir de las estimaciones encontradas para las áreas mayores y de las hipótesis formuladas hasta el final del período a ser proyectado para estas últimas, y con estos parámetros demográficos, proyectar las poblaciones de las áreas pequeñas por el "método de los componentes".

El supuesto básico de este procedimiento es que la tendencia esperada para la región como un todo, sería resultado de las tendencias específicas de cada área pequeña, de modo que cada una de ellas contribuiría con una porción de participación en la dinámica demográfica del área mayor. De ser así, las tendencias poblacionales de las áreas pequeñas presentarían una coherencia con el comportamiento del área mayor, tanto en el período base como en el período de la proyección.

Se buscó desarrollar un procedimiento alternativo que no requiriera informaciones muy detalladas y desagregadas para las áreas menores, con el fin de facilitar la adaptación a los casos en que no se dispusiera de datos más refinados. Además del estudio demográfico del área mayor (que puede ser el país, unidades políticas o regiones geográficas relativamente grandes o contingentes poblacionales significativos), las únicas informaciones a nivel de áreas pequeñas para el períodos base de la proyección, serían:

- a) total de nacidos vivos,
- b) tasa de mortalidad infantil o número total de muertes generales,
- c) saldo migratorio total,
- d) población por edad y sexo.

Estimaciones de la fecundidad

Para realizar proyecciones por el método de los componentes, es necesario contar con estimaciones de la tasa de fecundidad total (TFT) y de la estructura etárea de la misma, con el fin de que sea posible estimar el volumen de nacimientos en el período de proyección, constituyendo el contingente que formará el grupo de 0 a 4 años en el quinquenio siguiente.

Las estimaciones a nivel municipal no son fácilmente determinadas, por las razones ya consideradas anteriormente. Pero el número de nacidos vivos ocurridos en un cierto año, que será el año base para el inicio de la proyección, puede ser encontrado, ya sea a través de las estadísticas vitales, o indirectamente por el censo demográfico, aún existiendo ciertas limitaciones en este dato.

Se procuró, entonces, encontrar una relación que, apenas con los datos de los nacimientos de las áreas pequeñas y el conocimiento sobre la función de fecundidad regional, posibilitara estimar diferenciales de niveles de la tasa total de fecundidad para las subáreas.

A través de una estandarización indirecta, se encontró el número esperado de nacimientos (NVe) que cada subárea presentaría en el caso de que su función de fecundidad fuera la misma del área mayor.

Relacionando el número total observado de nacimientos (NVo) con el número estimado de nacimientos (NVe), se calcula el diferencial del nivel de la fecundidad entre la subárea y el área total.

Se encontró, entonces, un factor de ajuste KF para el nivel de la fecundidad de las subáreas, teniendo como base la función de fecundidad del área mayor y se partió del supuesto teórico de que esta relación permanecería en el futuro, adaptándose así las hipótesis de fecundidad del área mayor a las subáreas contenidas en ella.

Estimaciones de la mortalidad

De modo similar, se necesita encontrar una función de mortalidad para las subáreas con el fin de proyectar la población según el "método de los componentes". Es preciso, pues, contar con probabilidades de sobrevivencia por edad para cada área a ser proyectada.

Se necesita, entonces, definir un nivel para la mortalidad y seleccionar un patrón. Esta etapa también fue realizada con el fin de encontrar una relación entre las subáreas y el área mayor.

Dos maneras simples para estimar esta función, contando apenas con el número total de muertes o con la tasa de mortalidad infantil de cada subárea, pueden ser utilizadas, entre otras que también puedan ser propuestas.

Una primera sería encontrar un factor de ajuste a través de una estandarización indirecta, considerando la población por edad de la subárea y las tasas de mortalidad por edad del área mayor, procediéndose de modo similar al caso de las estimaciones de fecundidad, o sea, estimándose el total de muertes esperadas (Me) y comparándose con el total de muertes observadas (Mo), definiéndose posteriormente las tablas de mortalidad correspondientes.

Una segunda manera, sería contar con las tasas de mortalidad infantil para las subáreas, información que no es totalmente difícil de obtener, como aproximaciones de las probabilidades de muerte en la primera edad, y estimar, entonces, niveles en tablas modelo de mortalidad, encontrándose una relación con el nivel regional observado.

A partir del diferencial encontrado entre los niveles de la mortalidad de las subáreas y del área mayor, KM, en el año base de la proyección, y una vez más partiendo de la hipótesis que esta relación se mantendrá en el futuro, se ajustan las hipótesis de mortalidad del área mayor a nivel de pequeñas áreas.

Estimaciones de la migración

El componente migratorio es decisivo en la tendencia de crecimiento de un área. Debido a la inexistencia casi total de fuentes alternativas de informaciones sistemáticas sobre el movimiento migratorio, contando, en la mayoría de veces, solamente con los datos censales para estimar los saldos migratorios, es muy delicado y difícil formular tendencias de comportamiento futuro de esta variable, para pequeñas poblaciones.

El modelo de proyección por componentes necesita de estimaciones del nivel y del patrón de la migración, para todas las subáreas. Estas estimaciones pueden ser consideradas en términos de volumen anual del saldo migratorio esperado, o en términos de tasas líquidas anuales de migración, para todo el período de proyección.

El supuesto considerado aquí, en la definición de la tendencia de la variable migración para las subáreas, fue el de que la tendencia esperada para la región como un todo, sería el resultado de las tendencias específicas de cada subárea, de modo que cada una contribuiría con una porción de participación en la migración regional, haciendo que las tendencias de las áreas menores fueran compatibles con el comportamiento regional.

En otras palabras: tomando como ejemplo el caso de una región donde la migración presenta una tendencia creciente, todas las áreas allí contenidas presentarían un comportamiento similar, de modo que las subáreas con migración negativa tenderían a disminuir la participación de los emigrantes, haciendo que poco a poco presentaran una recuperación en el crecimiento poblacional.

En primer lugar, es necesario definir el nivel de la migración para cada área pequeña, en el momento inicial, que puede ser tanto el volumen de la migración como la tasa líquida de migración (TLM), por mil habitantes. La tendencia formulada para la migración regional es, entonces, ajustada a las subáreas, variando el nivel de acuerdo con el punto inicial específico de la función de migración.

Considerando que el patrón de la migración se va alterando conforme cambie el nivel de la misma, es necesario definir categorías de niveles, de modo que la estructura por edad de la migración, en las subáreas, sea modificada a cada nivel estimado en el período de la proyección.

Un ejemplo práctico de aplicación del procedimiento de los parámetros demográficos proporcionales

El procedimiento metodológico propuesto, considerando parámetros demográficos proporcionales para áreas pequeñas, fue aplicado a los municipios de una región geográfica del Estado de Sao Paulo (Brasil), hasta el año 2000, y partió de los últimos datos censales de 1980.

El área mayor que contiene los municipios está basada en el criterio administrativo que divide el Estado en once regiones, definidas como cuadros territoriales continuos, satisfaciendo el criterio de interdependencia establecido administrativamente según los diversos niveles de interacción. De esa forma, la relación asumida dentro de los municipios de una región, es importante, pues un estímulo o acción desarrollados en cada uno de ellos generan impactos directos e indirectos sobre los demás, esperándose una cierta homogeneidad de comportamiento y tendencia de la población dentro de cada región.

La región seleccionada fué la Región del Litoral, que es un área con altas tasas de crecimiento poblacional, donde los comportamientos migratorios y vegetativo son responsables por una proporción similar de participación en el crecimiento total.

Cuadro 1

Región Administrativa del Litoral - 1940 a 1980

Evolución de la población, según sus componentes

Año	Población según el censo	Crecimiento absoluto decenal	Saldo vegetativo decenal	Saldo migratorio decenal	Tasa anual de creci- miento
1940.	298.157				
		88.221	45.605	42.616	2.63
1950	386.378				
		167.304	98.905	68.399	3.66
1960	553.682				
		281.678	152.403	129.275	4.20
1970	835.360				
		394.343	207.383	186.960	3.94
1980	1.229.703				

FUENTE: Fundación SEADE / Fundación IBGE.

Las principales fuentes de datos utilizados en este estudio fueron la serie de Censos Demográficos realizados en el Estado de Sao Paulo por la Fundación IBGE y las Estadísticas Vitales provenientes del Registro Civil del Estado y procesadas por la Fundación SEADE.

Se sabe que la cobertura de estas fuentes no es total, existiendo casi siempre una subenumeración (Giraldelli y Wong, 1984 y 1986). Este hecho incide en las proyecciones e interfiere en los resultados y en las probabilidades de error, si no se efectúan las debidas correcciones cuando sea posible.

Para minimizar estas posibles subenumeraciones, a nivel de las áreas mayores - las regiones - y de las áreas menores - los municipios - se emplearon las correcciones propuestas por Giraldelli y Wong (1984 y 1986) para las regiones, y a partir de la hipótesis de un comportamiento más o menos homogéneo dentro de ellas, las mismas correcciones fueron aplicadas a los municipios.

Para el caso específico de la región paulista aquí seleccionada, se consideró como número real observado de nacimientos (NVo), el promedio de nacidos vivos ocurridos en los años 1979 a 1981, como forma de minimizar posibles errores aleatorios, y se corrigió el subregistro de nacimientos como se describió anteriormente.

También para el cálculo de las tasas de mortalidad infantil, fueron utilizados el promedio de las muertes de menores de un año y el promedio de nacidos vivos corregido, para los años 1979, 1980 y 1981.

Para la variable migración, fué posible contar con estimaciones del saldo migratorio de la década del 70, con base en los datos del crecimiento vegetativo provenientes del Registro Civil (Fundación SEADE), calculando entonces la tasa líquida de migración (TLM) por mil habitantes. Las categorías de niveles de TLM fueron seleccionadas a través de patrones observados en la migración en las décadas de los 60 y 70 y de los patrones proyectados para 1980-1990 y 1990-2000, para las once regiones administrativas del Estado de Sao Paulo (Informes demográficos No. 6 y 19).

Las estimaciones de los parámetros demográficos proporcionales para los municipios de la Región del Litoral, hasta el año 2000 se encuentran en los Anexos 1, 2, 3 y 4.

Una vez estimados los parámetros municipales de fecundidad, mortalidad y migración para realizar las proyecciones de población por el "método de los componentes", la operacionalización se efectuó a través de un programa divulgado por el Population Council (Shorter & Pasta, 1974), adaptado para microcomputador.

Como el procedimiento aquí propuesto para estimar los parámetros municipales consideró una interacción entre las subáreas y el área mayor, las poblaciones municipales así proyectadas son dependientes entre sí, lo que obliga a que la suma de las proyecciones municipales realizadas separadamente sea igual a la proyección realizada para la población del área mayor, o sea, de la región. Para que se dé esta igualdad, se hace una compatibilización posterior, repartiendo la diferencia que pueda ser determinada, proporcionalmente entre los municipios.

Los resultados encontrados para las poblaciones municipales hasta el año 2000, antes y después de ser compatibilizados con el total regional, se encuentran en los Anexos 5 y 6.

Evaluación del procedimiento empleado

Una manera de evaluar el procedimiento utilizado para proyectar las poblaciones de áreas pequeñas por el método de los componentes aquí propuesto, fué verificar la adecuación de los parámetros municipales ajustados según la tendencia regional proyectada.

En el Cuadro 2 se encuentran los resultados de la población regional proyectada separadamente y la suma de las poblaciones municipales, con algunos indicadores calculados para evaluar el ajuste del método de proyección considerado.

El primer paso fue comparar los resultados encontrados para la proyección regional, realizada anteriormente, con la suma de las proyecciones municipales; ambas proyecciones calculadas por el método de los componentes. Esta prueba, denominada Diferencia Relativa (DR), fué calculada para cada sexo y para los años 1990 y 2000.

Esta comparación es importante, porque la diferencia encontrada será distribuída proporcionalmente entre los municipios, para que se dé la igualdad esperada, condición básica de las proyecciones de pequeñas áreas cuando son efectuadas conjuntamente. Cuanto menor sea la diferencia, menor será el ajuste y menos estará alterado el resultado final de las proyecciones municipales.

Se observa que la diferencia relativa encontrada fué mínima, inferior al 2.5%, lo que permite considerar que los parámetros municipales parecen estar adecuadamente ajustados en el caso específico de la Región del Litoral.

Otra forma de evaluar este ajuste es realizar una comparación similar por grupo étnico y por sexo, calculando la diferencia promedio relativa (DMR).

DMR = Sumatoria de K_i / n

en donde:

K_i es la diferencia relativa entre la población regional proyectada y la suma de las proyecciones municipales, para cada sexo y grupo etáreo.

n es el número de grupos etáreos considerados.

Una vez más el indicador empleado muestra que se realizó un buen ajuste para los parámetros municipales considerados en las funciones de fecundidad, mortalidad y migración, con variaciones estimadas dentro de un intervalo razonable de aceptación, resultando pequeñas alteraciones después de efectuada la compatibilización final de las poblaciones proyectadas (Anexos 6 y 7).

Conclusiones

El procedimiento metodológico propuesto para estimar los parámetros demográficos municipales, con la finalidad de proyectar las poblaciones por el método de los componentes, partió de una necesidad creciente de producir datos poblacionales para un período post-censal, en áreas pequeñas.

Como la demanda de proyecciones también está dirigida para un período cada vez mayor, en relación a las fechas futuras, y como los métodos más mecánicos para este fin no son recomendados cuando el período es grande - pues consideran, generalmente, una extrapolación del crecimiento pasado, sin una formulación de hipótesis de comportamiento futuro - es necesario desarrollar metodologías más demográficas que permitan cierto control del resultado final. En este aspecto, el método de los componentes parece ser el procedimiento más adecuado para proyectar poblaciones por edad y sexo.

De acuerdo con IRWIN (1976), el método de los componentes es perfectamente aplicable a cualquier área, sea cual fuere su tamaño, cuyos límites geográficos estén fijados, y para la cual sea posible obtener las estimaciones básicas.

Como lo más difícil de obtener para esta aplicación son estas estimaciones para las pequeñas poblaciones, se propone este procedimiento metodológico, que define parámetros demográficos proporcionales, con el supuesto básico de que el crecimiento individual de cada área menor responderá por el crecimiento total del área mayor.

En el caso específico de la realización de las proyecciones por componentes para los municipios seleccionados en el Estado de Sao Paulo como ejemplo, el procedimiento aquí propuesto presentó buenos resultados.

Es importante resaltar que la verificación de las poblaciones proyectadas depende de la combinación de las hipótesis formuladas para el comportamiento futuro de las variables demográficas: fecundidad, mortalidad y migración. En otras palabras, estos resultados representan cómo y cuánta será la población, si esas tendencias asumidas en el momento de la realización de la proyección realmente suceden.

El procedimiento metodológico aquí propuesto procuró depender apenas de informaciones básicas y relativamente simples sobre las variables demográficas, como el total de nacidos vivos, total de muertes o tasas de mortalidad infantil y saldos migratorios, que casi siempre se encuentran disponibles a nivel de áreas menores, necesitando, además, apenas un análisis más profundo y detallado del área mayor, lo que también es posible realizar.

Se presenta, pues, un nuevo intento de solucionar las dificultades relativas a la aplicación del método de los componentes a nivel municipal, y se espera que contribuya, de algún modo, a los usuarios de proyecciones y a aquellos que tienen como tarea prever los rumbos posibles de la tendencia futura de las poblaciones de áreas pequeñas.

Bibliografía

DUCHESNE, Louis (1987). "Proyecciones de Población por Sexo y Edad para Areas Intermedias y Menores - Método Relación de Cohortes", CELADE.

IRWIN, Richard (1976). "Utilización del Método de los Componentes por Cohorte en las Proyecciones para Pequeñas Areas". In: Revista Brasileira de Estatística, 37 (146).

FUNDACAO IBGE. Serie de Censos Demográficos para el Estado de Sao Paulo.

FUNDACAO SEADE. Serie Movimiento del Registro Civil - Archivo Demográfico del Estado de Sao Paulo.

——— (1986). Perspectivas de Población para el Estado de Sao Paulo y sus Regiones Administrativas (1980 - 2000). In: Informe Demográfico, n. 18, s.p.

GIRALDELLI, Bernadette W. & WONG, Laura Rodrigues (1984). El Comportamiento del Registro Atraso de Nacimientos (RAN) en el Estado de Sao Paulo: un intento de corrección del subregistro. In: Informe Demográfico, N. 13, Fundación SEADE, S.P.

——— (1986). La población menor de 5 años en el Estado de Sao Paulo. In: Informe Demográfico, N. 19, Fundación SEADE, S.P.

GIRALDELLI, Bernadette W. (1987). Pequeñas Areas: Metodologías de Proyección y algunos Resultados para el Brasil. In: Futuro de la Población Brasileira: Proyecciones, Previsiones y Técnicas. Seminario Técnico sobre Proyecciones de Población. Embu (SP), Nov. 1987, ABEP.

FERREIRA, Carlos Eugenio de Carvalho (1987). "Proyecciones Demográficas para Sao Paulo". In: Revista Sao Paulo en Perspectiva, 1 (2), Jul/Sept., 1987.

HAKKERT, Ralph (1985). Quasi-Component Models for Small Area Population Projections: Examples from the State of Sao Paulo, Brazil. In: IUSSP, Florence.

MARANGONE CAMARGO, Antonio Benedito (1981). Migraciones Internas en el Estado de Sao Paulo: Evaluación de los Saldos Regionales, 1960-70. In: Informe Demográfico, N. 6, Fundación SEADE, S.P.

RODRIGUES, Roberto Nascimento (1982). "Región del Litoral: un Núcleo de Disparidades Regionales". In: Análisis Demográfico Regional. Fundación SEADE, S.P.

RODRIGUES, Roberto Nascimento & PERILLO, Sonia Regina (1986). Perspectivas de la Migración en el Estado de Sao Paulo y en las 11 Regiones Administrativas para el período 1980 - 2000. In: Informe Demográfico, No. 19, Fundación SEADE, S.P.

SHORTER, F.C. & PASTA, D. (1974). Computational Methods for Population Projections. The Population Council, New York.

Cuadro 2

Población regional proyectada y suma de las proyecciones municipales
Diferencias relativas y absolutas, según grupos de edad y sexo
Región del litoral - 1990 y 2000

Grupos de edades	Hombres/1990				Hombres/2000			
	PPR	PPM	PPM-PPR	K (%)	PPR	PPM	PPM-PPR	K (%)
00 a 04	99.100	104.464	5.364	5.41	102.300	111.122	8.822	8.62
05 a 09	97.700	100.355	2.655	2.72	99.300	104.660	5.360	5.40
10 a 14	91.800	89.449	-2.351	-2.56	104.500	108.146	3.646	3.49
15 a 19	75.500	74.327	-1.173	-1.55	105.000	108.030	3.030	2.89
20 a 24	72.900	71.999	-901	-1.24	102.000	100.696	-1.304	-1.28
25 a 29	76.500	74.491	-2.009	-2.63	89.700	88.286	-1.414	-1.58
30 a 34	76.200	72.984	-3.216	-4.22	86.500	84.146	-2.354	-2.72
35 a 39	63.600	61.105	-2.495	-3.92	84.100	81.588	-2.512	-2.99
40 a 44	47.900	46.756	-1.144	-2.39	78.300	76.071	-2.229	-2.85
45 a 49	38.500	37.921	-579	-1.50	63.400	62.092	-1.308	-2.06
50 a 54	33.700	32.859	-841	-2.50	46.900	46.392	-508	-1.08
55 a 59	26.900	27.019	119	0.44	36.400	36.128	-272	-0.75
60 a 64	22.200	21.482	-718	-3.23	30.000	29.352	-648	-2.16
65 a 69	16.000	15.797	-203	-1.27	22.400	22.010	-390	-1.74
70 a 74	10.700	9.967	-733	-6.85	16.800	15.206	-1.594	-9.49
75 y más	11.200	9.436	-1.764	-15.75	17.000	14.188	-2.812	-16.54
Total	860.400	850.411	-9.989		1.084.600	1.088.113	3.513	
			DR	DMR			DR	DMR
			-1.16	-2.56			0.32	-1.55

Grupos de edades	Mujeres/1990				Mujeres/2000			
	PPR	PPM	PPM-PPR	K (%)	PPR	PPM	PPM-PPR	K (%)
00 a 04	95.800	100.955	5.155	5.38	98.900	107.413	8.513	8.61
05 a 09	94.800	97.380	2.580	2.72	96.400	101.557	5.157	5.35
10 a 14	89.300	87.171	-2.129	-2.38	101.600	105.265	3.665	3.61
15 a 19	74.200	73.296	-904	-1.22	102.700	105.910	3.210	3.13
20 a 24	71.700	71.446	-254	-0.35	99.600	98.920	-680	-0.68
25 a 29	74.800	73.518	-1.282	-1.71	86.700	86.209	-491	-0.57
30 a 34	70.900	67.786	-3.114	-4.39	83.700	82.199	-1.501	-1.79
35 a 39	60.800	57.173	-3.627	-5.97	83.200	80.067	-3.133	-3.77
40 a 44	48.300	45.409	-2.891	-5.99	75.500	70.890	-4.610	-6.11
45 a 49	39.200	36.978	-2.222	-5.67	63.500	58.425	-5.075	-7.99
50 a 54	34.400	31.878	-2.522	-7.33	50.100	45.533	-4.567	-9.12
55 a 59	28.200	26.687	-1.513	-5.37	40.000	36.068	-3.932	-9.83
60 a 64	24.700	22.352	-2.348	-9.51	33.900	29.814	-4.086	-12.05
65 a 69	18.200	17.366	-834	-4.58	26.500	23.354	-3.146	-11.87
70 a 74	13.200	11.787	-1.413	-10.70	21.300	17.443	-3.857	-18.11
75 y más	15.500	12.898	-2.602	-16.79	24.000	18.862	-5.138	-21.41
Total	854.000	834.080	-19.920		1.087.600	1.067.929	-19.671	
			DR	DMR			DR	DMR
			-2.33	-4.62			-1.81	-5.16

Anexo 1**Hipótesis futuras de la tendencia de la fecundidad,
ajustadas para las áreas pequeñas
Región del litoral - 1980/2000**

Localidad	NVobs	NVesp (*)	KF	TF 1980	1980 1985	1985 1990	1990 1995	1995 2000
Región del litoral				3.69	3.48	3.05	2.63	2.43
Cananeia	281	198	1.42	4.92	4.95	4.34	3.74	3.46
Caraguatatuba	1.302	934	1.39	4.82	4.85	4.25	3.67	3.39
Cubatão	3.002	2.442	1.23	4.25	4.28	3.75	3.23	2.99
Eldorado	437	257	1.70	5.87	5.91	5.18	4.47	4.13
Guaruja	5.749	4.688	1.23	4.24	4.27	3.74	3.23	2.98
Iguape	693	582	1.19	4.11	4.14	3.63	3.13	2.89
Ilha Bela	298	207	1.44	4.97	5.01	4.39	3.78	3.50
Itanhaém	1.044	771	1.35	4.68	3.48	3.05	2.63	2.43
Itaribi	368	223	1.65	5.69	5.73	5.03	4.33	4.00
Jacupiranga	1.196	742	1.61	5.57	5.61	4.92	4.24	3.92
Juquía	562	379	1.48	5.12	5.15	4.52	3.90	3.60
Miracatu	614	448	1.37	4.74	4.77	4.18	3.60	3.33
Mongagua	339	257	1.32	4.55	4.59	4.02	3.47	3.20
Pariquera-Acu	457	294	1.55	5.37	5.41	4.74	4.09	3.78
Pedro De Toledo	181	147	1.23	4.25	4.29	3.76	3.24	2.99
Peruibe	657	476	1.38	4.77	4.80	4.21	3.63	3.35
Praia Grande	1.840	1.886	0.98	3.37	3.39	2.98	2.57	2.37
Registro	1.535	1.069	1.44	4.96	5.00	4.38	3.78	3.49
Santos	11.178	13.819	0.81	2.79	2.81	2.47	2.13	1.97
Sao Sebastiao	703	565	1.24	4.30	4.33	3.80	3.27	3.02
Sao Vicente	6.238	6.208	1.00	3.47	3.50	3.06	2.64	2.44
Sete Barras	464	280	1.66	5.73	5.77	5.06	4.36	4.03
Ubatuba	1.069	776	1.38	4.76	4.79	4.20	3.62	3.35

(*) Nacimientos estimados según las tasas específicas de fecundidad de la región.

Anexo 2

Hipótesis futuras de la tendencia de la mortalidad, ajustadas para áreas pequeñas Región del litoral - 1980/2000

Localidad	Niveles			Niveles proyectados			
	TMI	(*)	KM	1980 1985	1985 1990	1990 1995	1995 2000
Femenino							
Región litoral	49.39	19.70					
Cananeia	61.70	18.52	0.9401	18.33	18.75	19.06	19.24
Caraguatatuba	58.37	18.83	0.9558	18.64	19.06	19.37	19.57
Cubatao	53.86	19.26	0.9777	19.06	19.49	19.82	20.01
Eldorado	63.24	18.38	0.9330	18.19	18.60	18.91	19.10
Guaruja	53.40	19.31	0.9802	19.11	19.55	19.87	20.06
Iguape	62.50	18.45	0.9365	18.26	18.67	18.98	19.17
Ilha Bela	36.92	20.91	1.0614	20.70	21.16	21.52	21.73
Itanhaem	55.89	19.07	0.9680	18.88	19.30	19.62	19.82
Itaribi	48.95	19.74	1.0020	19.54	19.98	20.31	20.51
Jacupiranga	41.82	20.44	1.0376	20.23	20.69	21.03	21.24
Juquia	78.85	19.26	0.9777	19.06	19.49	19.82	20.01
Miracatu	59.18	18.76	0.9523	18.57	18.99	19.30	19.49
Mongagua	64.85	18.23	0.9254	18.04	18.45	18.76	18.94
Pariquera-Acu	39.35	20.68	1.0497	20.47	20.93	21.28	21.49
Pedro De Toledo	81.25	19.76	1.0030	19.56	20.00	20.33	20.53
Peruibe	84.16	19.76	1.0030	19.56	20.00	20.33	20.53
Praia Grande	87.88	19.76	1.0030	19.56	20.00	20.33	20.53
Registro	44.30	20.19	1.0249	19.99	20.44	20.77	20.98
Santos	32.74	21.36	1.0843	21.14	21.62	21.98	22.19
Sao Sebastiao	46.97	19.93	1.0117	19.73	20.17	20.51	20.71
Sao Vicente	52.26	19.42	0.9858	19.22	19.66	19.98	20.18
Sete Barras	67.47	17.99	0.9132	17.81	18.21	18.51	18.69
Ubatuba	36.15	20.99	1.0655	20.78	21.25	21.60	21.81
Masculino							
Cananeia	61.70	18.52	0.9401	18.17	18.58	18.83	19.00
Caraguatatuba	58.37	18.83	0.9558	18.48	18.89	19.15	19.32
Cubatao	53.86	19.26	0.9777	18.90	19.32	19.58	19.76
Eldorado	63.24	18.38	0.9330	18.03	18.44	18.69	18.86
Guaruja	53.40	19.31	0.9802	18.95	19.37	19.63	19.81
Iguape	62.50	18.45	0.9365	18.10	18.51	18.76	18.93
Ilha Bela	36.92	20.91	1.0614	20.52	20.97	21.26	21.45
Itanhaem	55.89	19.07	0.9680	18.71	19.13	19.39	19.56
Itaribi	48.95	19.74	1.0020	19.37	19.80	20.07	20.25
Jacupiranga	41.82	20.44	1.0376	20.06	20.50	20.78	20.97
Juquia	78.85	19.26	0.9777	18.90	19.32	19.58	19.76
Miracatu	59.18	18.76	0.9523	18.41	18.82	19.07	19.25
Mongagua	64.85	18.23	0.9254	17.89	18.29	18.54	18.70
Pariquera-Acu	39.35	20.68	1.0497	20.29	20.74	21.03	21.22
Pedro De Toledo	81.25	19.76	1.0030	19.39	19.82	20.09	20.27
Peruibe	84.16	19.76	1.0030	19.39	19.82	20.09	20.27
Praia Grande	87.88	19.76	1.0030	19.39	19.82	20.09	20.27
Registro	44.30	20.19	1.0249	19.81	20.25	20.53	20.71
Santos	32.74	21.36	1.0843	20.96	21.43	21.72	21.91
Sao Sebastiao	46.97	19.93	1.0117	19.56	19.99	20.26	20.45
Sao Vicente	52.26	19.42	0.9858	19.06	19.48	19.75	19.92
Sete Barras	67.47	17.99	0.9132	17.65	18.04	18.29	18.46
Ubatuba	36.15	20.99	1.0655	20.60	21.05	21.34	21.53

(*) Niveles de las tablas modelo de la familia Oeste.

Anexo 3
Hipótesis de la tendencia de la migración,
ajustadas para las áreas pequeñas
Región del litoral - 1980/2000

Localidad	TLM 70/80	Kmig	1980 1985	1985 1990	1990 1995	1995 2000
Región litoral	182.05		13.39	11.38	9.92	8.81
Cananeia	5.11	0.0280755	0.38	0.32	0.28	0.25
Caraguatatuba	377.89	2.0757492	27.79	23.62	20.59	18.29
Cubatao	145.57	0.7996401	10.71	9.10	7.93	7.04
Eldorado	-195.53	-1.074027	14.38	12.22	-10.65	-9.46
Guarujá	177.12	0.9728977	13.03	11.07	9.65	8.57
Iguape	18.55	0.1018679	1.36	1.16	1.01	0.90
Ilha Bela	62.13	0.3412654	4.57	3.88	3.39	3.01
Itanhaém	299.94	1.6475759	22.06	18.75	16.34	14.52
Itaribi	-24.12	-0.132464	-1.77	-1.51	-1.31	-1.17
Jacupiranga	200.69	1.1024108	14.76	12.55	10.94	9.71
Juquía	-81.21	-0.446110	-5.97	-5.08	-4.43	-3.93
Miracatu	-18.98	-0.104265	-1.40	-1.19	-1.03	-0.92
Mongagua	350.68	1.9262891	25.79	21.92	19.11	16.97
Pariquera-Acu	68.75	0.3776664	5.06	4.30	3.75	3.33
Pedro De Toledo	-165.07	-0.906712	-12.14	-10.32	-8.99	-7.99
Peruibe	493.15	2.7088633	36.27	30.83	26.87	23.87
Praia Grande	639.42	3.5122999	47.03	39.97	34.84	30.94
Registro	146.34	0.8038203	10.76	9.15	7.97	7.08
Santos	20.65	0.1134277	1.52	1.29	1.13	1.00
Sao Sebastiao	149.81	0.8228863	11.02	9.36	8.16	7.25
Sao Vicente	236.22	1.2975292	17.37	14.77	12.87	11.43
Sete Barras	-43.47	-0.238804	-3.20	-2.72	-2.37	-2.10
Ubatuba	231.12	1.2695434	17.00	14.45	12.59	11.18

Anexo 4

Patrones de migración, según 10 clases de niveles de la migración, por sexo y edad

Grupos de edad	Clases de tasas líquidas de migración				
	<-30 Hombres	<-30 Mujeres	-30<TLM<-20 Hombres	-30<TLM<-20 Mujeres	-20<TLM<-10 Hombres
00 a 04	-9.90	-9.97	-7.75	-7.64	-5.51
05 a 09	-25.70	-24.56	-14.31	-14.40	-11.03
10 a 14	-29.53	-27.80	-18.25	-17.82	-15.62
15 a 19	-40.63	-33.78	-23.10	-23.48	-17.27
20 a 24	-48.22	-44.43	-35.58	-36.41	-23.49
25 a 29	-48.15	-55.12	-45.92	-43.58	-30.30
30 a 34	-52.93	-53.00	-37.05	-41.87	-24.84
35 a 39	-49.49	-39.84	-26.42	-23.72	-17.51
40 a 44	-35.07	-37.57	-21.43	-22.00	-14.35
45 a 49	-30.88	-35.57	-20.00	-21.00	-13.23
50 a 54	-28.00	-34.00	-18.98	-20.00	-12.37
55 a 59	-24.00	-30.00	-17.00	-18.00	-10.00
60 a 64	-21.00	-27.00	-15.35	-17.02	-8.60
65 a 69	-17.00	-24.00	-10.34	-11.64	-5.67
70 a 74	-14.00	-21.00	-1.27	-4.17	-0.53
75 y más	-11.00	-18.00	-0.32	-1.00	-0.10

Grupos de edad	Clases de tasas líquidas de migración				
	-20<TLM<-10 Mujeres	-10<TLM<-5 Hombres	-10<TLM<-5 Mujeres	-5<TLM<0 Hombres	-5<TLM<0 Mujeres
00 a 04	-5.52	-2.19	-2.26	-1.03	-1.06
05 a 09	-11.32	-4.66	-4.71	-2.19	-2.21
10 a 14	-15.41	-7.96	-8.05	-3.75	-3.78
15 a 19	-18.22	-9.00	-10.42	-3.21	-4.43
20 a 24	-24.83	-12.38	-14.05	-5.82	-6.61
25 a 29	-28.46	-14.98	-14.29	-7.05	-6.72
30 a 34	-24.68	-10.10	-7.36	-4.75	-3.46
35 a 39	-14.27	-5.80	-5.10	-2.73	-2.40
40 a 44	-11.74	-5.00	-4.30	-2.93	-2.20
45 a 49	-11.40	-4.20	-4.20	-2.25	-1.90
50 a 54	-11.16	-3.35	-3.60	-1.75	-1.70
55 a 59	-10.00	-3.20	-3.30	-1.66	-1.50
60 a 64	-8.67	-2.00	-2.80	-0.95	-1.20
65 a 69	-5.12	-1.40	-2.40	-0.60	-1.00
70 a 74	-1.59	-0.60	-1.80	-0.30	-0.80
75 y más	-1.00	-0.20	-1.20	-0.30	-0.50

Anexo 4 (conclusión)

Patrones de migración, según 10 clases de niveles de la migración, por sexo y edad

Grupos de edad	Clases de tasas líquidas de migración				
	0<TLM<5 Hombres	0<TLM<5 Mujeres	5<TLM<10 Hombres	5<TLM<10 Mujeres	10<TLM<20 Hombres
00 a 04	0.62	0.65	2.03	2.10	3.04
05 a 09	1.16	1.17	5.01	5.07	7.62
10 a 14	7.21	6.54	6.28	6.80	10.66
15 a 19	8.94	7.26	8.17	8.51	18.05
20 a 24	6.93	4.32	17.36	14.17	34.22
25 a 29	5.00	4.00	17.92	14.07	27.73
30 a 34	5.00	3.80	8.99	9.19	13.70
35 a 39	5.00	3.70	5.79	5.63	6.50
40 a 44	5.00	3.40	5.16	5.00	5.31
45 a 49	5.00	3.21	5.23	5.00	5.85
50 a 54	5.00	2.86	5.27	4.79	4.96
55 a 59	4.50	2.50	4.25	4.70	4.50
60 a 64	4.00	2.20	4.00	4.56	4.00
65 a 69	4.00	2.00	3.80	4.31	3.50
70 a 74	3.50	2.00	3.50	4.00	3.25
75 y más	3.00	1.50	3.00	3.04	3.00

Grupos de edad	Clases de tasas líquidas de migración				
	10<TLM<20 Mujeres	20<TLM<30 Hombres	20<TLM<30 Mujeres	30 Hombres	30 Mujeres
00 a 04	3.15	5.48	5.66	10.14	10.28
05 a 09	7.75	15.49	16.05	13.21	13.91
10 a 14	12.28	17.04	19.61	33.66	37.51
15 a 19	21.74	28.83	34.30	43.07	53.38
20 a 24	30.60	64.39	55.66	63.88	61.65
25 a 29	24.70	56.51	50.02	61.10	51.00
30 a 34	13.57	29.02	29.47	35.07	31.65
35 a 39	7.10	12.27	13.93	28.27	23.48
40 a 44	5.80	10.00	13.00	24.74	21.15
45 a 49	5.50	9.32	11.50	20.91	18.48
50 a 54	5.00	8.55	10.00	20.05	17.00
55 a 59	4.50	8.40	9.00	17.69	16.50
60 a 64	4.00	8.40	6.75	17.00	16.00
65 a 69	3.70	8.00	6.00	16.00	15.00
70 a 74	2.50	5.00	5.00	14.00	14.00
75 y más	2.50	4.00	4.00	12.00	12.00

FUENTE: Fundación SEADE, informes demográficos 6 y 19.

Anexo 5

**Poblaciones municipales proyectadas por el método de los componentes, según el procedimiento metodológico aquí propuesto, antes de la compatibilización
Región del litoral - 1985/2000**

Municipios	Proyección según el método de los componentes			
	1985	1990	1995	2000
Cananeia	8.987	10.213	11.480	12.911
Caraguatatuba	43.523	55.572	69.997	83.297
Cubatao	97.562	114.310	130.195	146.626
Eldorado	12.169	12.795	13.300	14.446
Guaruja	186.715	224.982	258.583	293.481
Iguape	26.524	29.683	32.986	36.567
Ilha Bela	9.284	10.804	12.382	14.124
Itanhaem	33.747	39.300	45.277	51.920
Itaribi	10.884	12.266	13.657	15.204
Jacupiranga	36.078	44.902	55.039	65.424
Juquia	17.009	18.619	20.505	22.539
Miracatu	19.691	21.871	23.979	26.162
Mongagua	12.445	15.616	18.491	21.711
Pariquera-Acu	13.844	16.357	18.968	21.877
Pedro De Toledo	6.295	6.404	6.723	7.034
Peruibe	24.094	31.725	40.088	50.354
Praia Grande	83.028	105.047	131.899	164.869
Registro	48.798	58.378	68.482	79.694
Santos	464.392	503.501	535.325	564.217
Sao Sebastiao	23.263	27.160	31.069	35.296
Sao Vicente	230.286	268.952	308.450	351.192
Sete Barras	13.028	14.632	16.226	18.005
Ubatuba	33.886	41.402	49.606	59.092
Suma de las proyecciones municipales	1.455.532	1.684.491	1.912.707	2.156.042
Proyección regional	1.475.700	1.714.400	1.942.300	2.172.200

Anexo 6

**Poblaciones municipales proyectadas por el método de los componentes, según el procedimiento metodológico aquí propuesto, después de la compatibilización final
Región del litoral - 1985/2000**

Municipios	Proyecciones según el método de los componentes			
	1985	1990	1995	2000
Cananeia	9.098	10.364	11.603	12.917
Caraguatatuba	44.015	56.274	70.544	83.098
Cubatao	98.694	115.889	131.569	146.935
Eldorado	12.305	12.944	13.381	14.363
Guaruja	188.832	228.002	261.192	293.972
Iguape	26.886	30.171	33.416	36.700
Ilha Bela	9.388	10.944	12.488	14.101
Itanhaem	34.225	39.999	45.948	52.244
Itaribi	10.999	12.402	13.739	15.127
Jacupiranga	36.429	45.332	55.264	64.990
Juquia	17.191	18.834	20.654	22.465
Miracatu	19.902	22.125	24.157	26.103
Mongagua	12.604	15.844	18.677	21.717
Pariquera-Acu	13.984	16.537	19.088	21.791
Pedro De Toledo	6.373	6.506	6.810	7.063
Peruibe	24.379	32.146	40.430	50.280
Praia Grande	84.237	107.019	134.042	166.144
Registro	49.301	59.030	68.945	79.469
Santos	472.425	516.064	549.370	576.557
Sao Sebastiao	23.547	27.551	31.410	35.367
Sao Vicente	233.463	273.726	313.272	353.937
Sete Barras	13.162	14.787	16.306	17.894
Ubatuba	34.261	41.910	49.995	58.966
Suma de las pro- yecciones muni- cipes	1.475.700	1.714.400	1.942.300	2.172.200
Proyección regional.	1.475.700	1.714.400	1.942.300	2.172.200

Proyecciones de población por sexo y edad para áreas intermedias y menores – Método “relación de cohortes” –

Louis Duchesne

Introducción

Durante los últimos años, se ha observado un creciente interés por parte de los gobiernos por orientar sus políticas de desarrollo hacia las subdivisiones administrativas de menor jerarquía, tomando en cuenta, en lo esencial, la información estadística recolectada para estos niveles geográficos tanto en los censos de población como en otras fuentes.

Frente a esta tarea, el aporte de las proyecciones de población, debe entenderse en una primera aproximación como la búsqueda de metodologías sólidas y flexibles que permitan tanto obtener estimaciones desagregadas (por sexo y edad), como controlar los datos básicos durante su aplicación; esto último, por efecto de la calidad de la información que habitualmente se recopila y tabula para las sub-divisiones administrativas intermedias y menores.

En este documento, se presenta un modelo para elaborar proyecciones de población de áreas intermedias y menores por sexo y grupos de edad, cuando ya existen proyecciones para el área mayor que las contiene. El estudio se inicia con una descripción sobre los antecedentes y características de las áreas geográficas a proyectar y del modelo en sí. Luego, se presentan los aspectos metodológicos del modelo y las hipótesis implícitas en él.

Se concluye este trabajo con la aplicación de la relación de cohortes, a una división administrativa intermedia de Chile y con una evaluación acerca de sus bondades mediante comparaciones con los resultados que se obtienen al proyectar la población por sexo y edad utilizando el método del diferencial de crecimiento, el método de la tabla cuadrada y el método de los componentes.

Antecedentes

Las proyecciones de población tanto a nivel nacional como de las subdivisiones administrativas mayores, son de gran importancia para investigadores, planificadores y estudiosos de la población; sin embargo, agregar proyecciones de un nivel administrativo intermedio o menor ¹ como, por ejemplo, las provincias de Chile, los cantones de Costa Rica, los distritos de Venezuela o los centros urbanos de todos los países, constituye un enriquecimiento notable de los instrumentos para el gobierno nacional o local.

En todos los países, las áreas menores presentan aspectos comunes, observándose en general en ellas ya sea:

- Un cambio frecuente de sus deslindes que obstaculiza la constitución de series estadísticas,
- Escasa complejidad de cruce entre diversas variables en las tabulaciones provenientes de los censos y de las estadísticas vitales,
- Una importante variación de los tamaños y del crecimiento de las áreas en el tiempo y en el espacio geográfico,
- Definiciones propias de áreas jurisdiccionales que establecen con frecuencia los ministerios u organismos de planificación y los servicios (circunscripciones electorales, regiones de salud, de educación, de administración de los correos, etc), que, a su vez, se concretan en una variedad de distribuciones territoriales.

Como consecuencia, salvo monografías particulares sobre alguna región determinada, no hay estudios acerca del comportamiento de los

¹ Por comodidad de ahora en adelante se denominarán simplemente áreas menores.

componentes del crecimiento demográfico, pues las investigaciones sobre esos componentes y sus variaciones en el tiempo se ven limitadas, ya sea por alguno de los aspectos mencionados o por el trabajo considerable que exigiría la gran cantidad de áreas por estudiar. Además, se sabe que las estimaciones de migración neta por sexo y edad para estas áreas suelen ser muy deficientes.

A pesar de estas dificultades, las proyecciones de población para áreas menores son siempre de gran interés para los efectos de la administración, motivo por el cual administradores y políticos examinan frecuentemente sus resultados con atención mayor que la que merecen las perspectivas de orden nacional, cuyo interés resulta más difuso.

Teóricamente, podría pensarse que el primer esfuerzo se dirija al establecimiento de proyecciones de las áreas pequeñas, y que las proyecciones a niveles regional y nacional resulten por la suma de esas áreas; pero en la práctica, se sigue el camino inverso. Primero, con estudios detenidos de la mortalidad y de la fecundidad (y a veces de las migraciones internacionales), a partir de una metodología muy sofisticada, se elaboran proyecciones de población a nivel nacional para las cuales se formula una serie de hipótesis. En segundo término, con similares procedimientos o a veces menos refinados, y agregando la migración interna, se elaboran proyecciones de población para las áreas mayores, reduciéndose, en esta oportunidad, el número de hipótesis sobre la evolución futura de la población. En tercer lugar, 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. En estos casos, se formula generalmente una sola hipótesis.

Para un nivel geográfico muy pequeño (pueblos, barrios u otros), sin desconocer la utilidad que prestan los métodos demográficos, pueden resultar poco adecuados para predecir la población en un momento determinado, siendo preferible en estos casos, usar métodos que tomen en cuenta aspectos tales como la densidad de población, la disponibilidad de terreno, etc. y cuya selección y aplicación deben hacerla caso por caso personas que conozcan bien la situación local.

Recuérdese que la particularidad y ventaja analítica de las proyecciones de población elaboradas con métodos demográficos es la de utilizar estructuras de población por sexo y edad e información acerca de nacimientos, defunciones, inmigraciones y emigraciones y aunque muy pocas veces se puede utilizar el modelo demográfico ideal -por inconvenientes derivados de las fuentes de datos, calidad de la información y tiempo de elaboración de las proyecciones-, es preferible usar este tipo de metodologías hasta donde sea posible.

I. Aspectos generales del método

El método demográfico que aquí se propone para elaborar proyecciones de población por sexo y grupos de edad para áreas intermedias y menores es sencillo. Tiene la ventaja de tomar en cuenta la estructura de la población y algunos cambios de las variables demográficas (en particular la fecundidad) y de asegurar la coherencia entre la suma de las áreas intermedias y menores de un área grande y las proyecciones ya conocidas de ella.

Ha resultado una curiosidad matemática que la suma de las proyecciones de partes heterogéneas es siempre mayor que las proyecciones del total, aunque su factor de ajuste sea despreciable². Sin embargo, cuando cada administración local prepara o hace preparar proyecciones de población locales, los resultados son tan optimistas que la suma puede ser fácilmente hasta el doble de la proyección nacional. En estos casos, aunque las administraciones locales conozcan mejor su situación, resulta preferible centralizar la preparación de las proyecciones o por lo menos abordar simultáneamente todas las áreas intermedias o menores de un área grande, recordando que resulta muy importante la participación de personas que conocen bien los factores dinámicos de las áreas por proyectar.

Este método compuesto está basado fundamentalmente en las ideas presentadas por Donald B. Pittenger³ y las adaptaciones metodológicas efectuadas durante su aplicación en las proyecciones de población para áreas menores de Canadá⁴. Se caracteriza por seguir la lógica demográfica en el sentido de que se refiere al estudio de cohortes, motivo por el cual se puede denominar método de relación de cohortes.

1. Campo de Aplicación

Respecto de la factibilidad y del campo de aplicación del método de relación de cohortes, se recomienda tener presente los siguientes aspectos:

- Es posible proyectar la población de las áreas intermedias, menores o de centros urbanos, cuando se han elaborado previamente, por el

² Keyfitz, Nathan, *Applied Mathematical Demography*, Wiley and Sons, 1977, págs. 14-18.

³ Pittenger, Donald B., *Projecting State and Local Population*, Ballinger, Cambridge, 1976, págs. 138 y siguientes.

⁴ Duchesne, Louis, *Perspectives Demographiques Infraregionales, 1981-2001*, Bureau de la Statistique du Québec, 1984.

método de los componentes, proyecciones por sexo y edad para diferentes quinquenios referidas a una subdivisión mayor que las comprende, y cuando se cuenta, para las áreas geográficas por proyectar, con la composición por sexo y edad de la población en dos momentos censales espaciados entre sí por 5 a 10 años, pero el procedimiento acepta una diferencia entre los dos censos que puede ir desde los 2.5 años a los 17.5 años.

- Aunque las áreas intermedias o menores son siempre de tamaño bastante diferente y el método se puede utilizar para proyectar la población de aquellas áreas geográficas que cuentan con menos de 10.000 habitantes, es recomendable un análisis cuidadoso de las estimaciones que se derivan de él, ya que es factible obtener en algunos casos resultados poco satisfactorios por efecto del volumen de las poblaciones en estudio.
- Se recomienda su uso para áreas geográficas que pueden calificarse de "completas", esto es, su aplicación resulta inapropiada cuando se desea elaborar proyecciones para partes o subdivisiones de una área geográfica menor.
- Por último, debe comprenderse que la elección de este método responde a una alternativa para elaborar proyecciones de población por sexo y edad, cuando no se puede aplicar el método de los componentes debido principalmente, a la calidad de la información en lo referente a los saldos migratorios netos de las áreas menores.

2. Plazos

Habitualmente se elaboran proyecciones de población a nivel nacional para períodos bastante largos, en tanto que las proyecciones correspondientes a las subdivisiones mayores, se elaboran a mediano plazo y cubren períodos que van de 20 a 25 años.

Respecto de las proyecciones de las áreas menores, como la incertidumbre de los resultados va creciendo en la medida en que se alarga el período que cubrirá la proyección, parece razonable trabajar a mediano plazo, esto es, para un intervalo no superior a 20 o 25 años.

3. Datos Básicos

Una de las principales ventajas del método, es la de usar como información básica la contenida en las tabulaciones que generalmente se elaboran para todas las zonas geográficas de un país, una vez levantados los censos de población. Estos datos, junto con los resultados de una proyección de población para una subdivisión administrativa mayor, permi-

ten derivar los parámetros que darán cuenta de las variaciones experimentadas por los componentes del crecimiento demográfico de las áreas menores.

Por lo tanto, una vez comprobado que las subdivisiones por proyectar comprenden los mismos límites geográficos en dos momentos censales consecutivos, o se han ajustado, los datos básicos por utilizar son los siguientes:

- la composición de la población por sexo y grupos de edad correspondientes a las áreas menores para dos censos y,
- Una proyección de la población por sexo y grupos de edad referida a la subdivisión administrativa mayor que comprende todas las áreas mencionadas en el párrafo anterior y que, a su vez, contiene relaciones de sobrevivencia al nacimiento por sexo, una estructura por edades de las tasas de fecundidad y la tasa global de fecundidad para cada período de la proyección⁵.

II. Metodología

Las proyecciones se elaboran por quinquenios, sexo y grupos quinquenales de edad a través de los siguientes algoritmos:

a) Para los menores de 5 años:

$${}_5N_0^{t+5} = B^{t,t+5} * P_b^{t,t+5} * K_b^{t,t+5}$$

b) Para la población entre 5 y 80 años:

$${}_5N_{x+5}^{t+5} = {}_5N_x^t * {}_5CR_x^{t,t+5} * {}_5K_x^{t,t+5}$$

para $x = 0, 5, \dots, 70$

c) Para la población de 80 y más (grupo abierto):

$$N_{80 y +}^{t+5} = N_{75 y +}^t * CR_{75 y +}^{t,t+5} * K_{75 y +}^{t,t+5}$$

⁵ Como generalmente se elaboran proyecciones de población por el "método de las componentes" para las Divisiones Administrativas Mayores, se dispone también de la migración por sexo y edad expresada en términos de saldos migratorios netos y de la mortalidad para estas mismas variables a través de relaciones de supervivencia.

En estas relaciones,

- $B^{t,t+5}$ es el total de nacimientos ocurridos en el área menor entre los momentos t y $t+5$;
- $P_b^{t,t+5}$ es la relación de sobrevivencia al nacimiento del área mayor del período $t, t+5$;
- $K_b^{t,t+5}$ es el índice de crecimiento diferencial al nacimiento de un área menor respecto de la mayor, durante el período $t, t+5$;
- ${}_5N_x^t$ es la población inicial del grupo quinquenal de edades $x, x+5$ del área menor en el momento t ;
- ${}_5CR_x^{t,t+5}$ 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 $t+5$;
- ${}_5K_x^{t,t+5}$ es el índice de crecimiento diferencial (K) del área menor respecto de 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 $t+5$.

En las secciones siguientes, se definirá analíticamente el tratamiento de cada uno de los parámetros presentados en los algoritmos de proyección.

1. La población inicial

En cuanto a la población inicial de las proyecciones para cada una de las áreas menores, es factible que sea tanto la población al momento del segundo censo, como una población estimada (habitualmente al 30 de junio de un año terminado en el dígito 0 o 5) cuyo procedimiento de determinación se recomienda sea semejante al utilizado para establecer la población inicial de la proyección de población del área mayor.

2. Crecimiento del área mayor

Una vez conocidas las poblaciones iniciales de las áreas menores, 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.

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

donde:

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

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

Como puede apreciarse, 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 $t+5$.

3. Crecimiento de las áreas menores

Respecto de las áreas menores, es evidente que el crecimiento experimentado por cada una entre dos censos consecutivos no es igual al del área mayor, y por lo tanto, es necesario determinar un índice o factor K que cuantifique el diferencial de crecimiento de cada cohorte en una determinada área menor respecto de la mayor a la cual pertenece.

El índice de crecimiento diferencial (K) puede obtenerse ya sea mediante la relación entre los coeficientes de crecimiento de esa subdivisión y los correspondientes a la mayor o a partir de las proporciones del área menor respecto a la mayor observadas en dos censos consecutivos, los que se supone están distanciados por cinco años, como se indica a continuación:

$${}_5K_x^{t,t+5} = [{}_5N_{x+5}^{t+5} / {}_5N_x^t] / [{}_5R_{x+5}^{t+5} / {}_5R_x^t] \text{ ó }$$

$${}_5K_x^{t,t+5} = [{}_5N_{x+5}^{t+5} / {}_5R_{x+5}^{t+5}] / [{}_5N_x^t / {}_5R_x^t]$$

donde:

${}_5N_x^t$ es la población del área menor del grupo de edades $x, x+5$ en el primer censo,

${}_5N_{x+5}^{t+5}$ la población del área menor del grupo de edades $x+5, x+10$ en el segundo censo,

${}_5R_x^t$ y ${}_5R_{x+5}^{t+5}$

las poblaciones del área mayor para los mismos grupos de edades en el primer y segundo censo respectivamente.

Por ejemplo, si la proporción del área menor respecto de la mayor en $t+5$ es 0.25 y la proporción en el año t resulta ser igual a 0.20, entonces para el cociente $K = 0.25/0.20$ se tiene que $K = 1.25$ o si el crecimiento del área menor es de 1.15 y la de la mayor es de 1.10, el factor K será $K = 1.15/1.10 = 1.045$.

Como generalmente se cuenta con información en que la diferencia entre uno y otro censo es de 10 o más años, al momento de estimar los factores es conveniente tener presentes las consideraciones siguientes:

- Deben permitir proyectar la población por grupos quinquenales de edad entre un quinquenio y otro.
- Estar referidos a comienzos de período, y
- Su cálculo debe iniciarse a partir de los grupos de edad más cercanos a las cohortes exactas (véase el Cuadro 1).

A continuación se ilustrará el cálculo del factor K que permite proyectar la población del grupo de edades 5-9 años durante un quinquenio, a partir de la información básica referida a un período intercensal de 10 años.

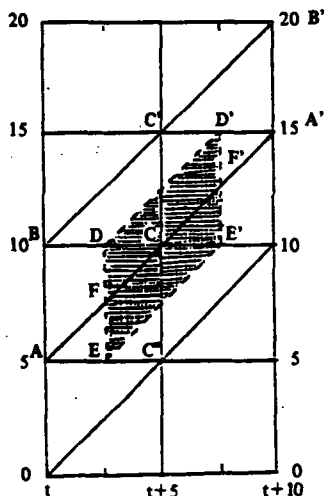
Según la información presentada en el Gráfico 1, se tiene la cohorte de 5-9 años en el momento t (AB) que alcanza las edades 15-19 años en el momento $t+10$ (A'B'). Al examinar esta cohorte en el punto medio del período, es decir, en el momento $t+5$ (CC'), sus efectivos tienen entre 10 y 15 años de edad. Con los datos correspondientes a los momentos t y $t+10$, se puede calcular un factor K para un período decenal, sin embargo, tomando como referencia la cohorte en el momento $t+5$ y reduciendo este factor decenal; para un período quinquenal, se obtiene un nuevo factor K que va desde el momento $t+2.5$ a $t+7.5$.

Si se observa ahora el paralelogramo EDD'E; se ve que en el momento $t+2.5$ un grupo de personas que tienen entre 5 y 10 años (FD) provienen de los que en el momento t tienen entre 5 y 10 años y otros (EF) de los que en el momento t tienen entre 0 y 5 años. Cinco años después, es decir, en $t+7.5$ los sobrevivientes de esta cohorte (E'D') tienen entre 10 y 15 años.

De lo anterior se desprende que para estimar el factor K correspondiente al grupo de edades 5-9 años (EE'D'D), en primer lugar, se deben reducir los factores decenales a quinquenales haciendo:

Gráfico 1
Diagrama de Lexis para el cálculo de
 K_{5-9} en un período intercensal de
10 años

Gráfico 1
 Diagrama de Lexis para el cálculo de
 K_{5-9} en un período intercensal de
 10 años.



$${}_5K_{7.5}^{t+2.5, t+7.5} = [{}_5K_5^{t, t+10}]^{5/10}$$

$${}_5K_{2.5}^{t+2.5, t+7.5} = [{}_5K_0^{t, t+10}]^{5/10}$$

y posteriormente promediarlos para obtener el factor del grupo de edades deseado,

$${}_5K_5^{t, t+5} = 0.5 [{}_5K_{7.5}^{t+2.5, t+7.5} + {}_5K_{2.5}^{t+2.5, t+7.5}] = {}_5K_5^{t, t+5}$$

Además de lo señalado hasta aquí respecto del cálculo de los factores K, al momento de obtener los valores definitivos es conveniente tener presentes aspectos tales como los siguientes:

- Si el intervalo intercensal es de 10 años, no es factible estimar el valor de K para el grupo de edades de 0- 4 años y en este caso, se recomienda asignar a este grupo de edades el mismo factor calculado para el grupo 5-9 años o en aquellos casos en que la migración en las primeras edades es significativa (en el supuesto de que los hijos migran con sus madres); es posible atribuir a este grupo de edades los factores K obtenidos para la población femenina de 20-24 años o 25-29 años.

- Para evitar fluctuaciones aleatorias en los factores K correspondientes a las edades más avanzadas (por ejemplo de 60 y más años de edad), como consecuencia de valores muy pequeños en la población de estas edades, es factible asignar a cada uno de los grupos de edad final un factor K único, que se obtiene como un promedio simple del factor observado entre ellos.
- Cuando la diferencia entre los censos es de 15 años, no es necesario el cálculo del promedio de dos factores simplemente, se desplaza el factor K en un grupo de edades y el paralelogramo de los grupos de edades situados convenientemente al principio del período.
- En algunos casos, las áreas menores experimentan cambios significativos entre un censo y otro o se prevén variaciones significativas en cuanto a su composición por sexo y edad para el futuro; lo que al momento de efectuar la proyección conducirá a resultados poco razonables o exagerados si se mantienen constantes los factores K calculados directamente. Frente a estas situaciones, se recomienda suavizar los factores por edades ya sea con sumas móviles entre tres grupos de edades, con una raíz cuadrada, gráficamente o utilizando otros procedimientos.

En el Cuadro 1, se presentan las cohortes que deben relacionarse para hacer el cálculo de los factores K, de acuerdo con el período transcurrido entre el primero y segundo censo.

Es conveniente señalar que los coeficientes de crecimiento por cohortes (CR) y los factores del crecimiento diferencial (K), permiten obtener solamente la población mayor de cinco años, mientras que, como se verá más adelante, a partir de un conjunto de tasas de fecundidad y las relaciones de sobrevivencia al nacimiento correspondiente al área mayor, más el cálculo de un factor referido a los nacimientos (K_b), se determina la población del grupo de edades 0 a 4 años.

Cuadro 1
Cohortes a considerar para el cálculo de K,
según el número de años entre
un censo y otro

Diferencia en años entre 2 censos	Cohortes a relacionar	
	Censo 1	Censo 2
2.5 a - 7.5	${}_5N_x$	${}_5N_{x+5}$
7.5 a - 12.5	${}_5N_x$	${}_5N_{x+10}$
12.5 a - 17.5	${}_5N_x$	${}_5N_{x+15}$

4. La población menor de cinco años

Para las áreas menores, por lo general, no se dispone en los países en desarrollo de buena información acerca del número de nacimientos que ocurren en un período determinado y se desconocen, por lo tanto, los niveles de fecundidad alcanzados por cada una de estas subdivisiones, dificultándose la proyección de la población menor de cinco años.

Una solución consiste en determinar índices diferenciales de fecundidad (IDF) entre cada una de las áreas menores y la subdivisión administrativa mayor a partir de los datos censales, los que relacionados a su vez con una estructura de la fecundidad para el área mayor, conduzcan a una estimación del número de nacimientos que ocurren en cada quinquenio de la proyección.

Estos IDF, que se calculan a partir de la composición por sexo y edad observada al momento del último censo, tanto para las áreas menores como para la mayor, se obtienen estableciendo el cociente entre la relación niños-mujeres de cada área menor y la correspondiente a la mayor que las contiene:

Sea,

${}_5N_0$ la población de ambos sexos menor de cinco años observada en el último censo para el área menor i ;

${}_{25}NF_{15}$ la población femenina con edades entre 15 y 40 años del área menor i ,

entonces:

$$RNM_i = {}_5N_0 / {}_{25}NF_{15}$$

donde:

RNM_i es la relación niños-mujeres del área menor para el segundo censo ⁶.

Obtenidas estas relaciones para cada una de las Divisiones Administrativas Menores y la División Administrativa Mayor, los IDF se calculan haciendo:

$$IDF_i = RNM_i / RNM_m$$

donde:

RNM_m , es la relación niños-mujeres de la División Administrativa Mayor, e

⁶ Se ha considerado la población femenina de 15 a 40 años y no la de 15 a 50 años como es habitual en el cálculo de esta relación, debido a que el aporte a la fecundidad en las últimas edades generalmente es poco significativo y no da cuenta de la fecundidad reciente.

IDF_i es el índice diferencial de fecundidad correspondiente a la División Administrativa Menor i.

Estimados los IDF_i, en el supuesto de que estos se mantendrán constantes durante todo el período que cubre la proyección de las áreas menores, es factible conocer el nivel de la fecundidad expresada en términos de la tasa global de fecundidad (TGF) para cada una de ellas, a partir de la relación:

$$TGF_i^{t,t+5} = IDF_i * TGF_m^{t,t+5}$$

donde:

TGF_i^{t,t+5} es la tasa global de fecundidad del área menor i, correspondiente al quinquenio t,t+ 5

IDF_i es el índice diferencial de fecundidad del área menor i para el último censo y

TGF_m^{t,t+5} es la tasa global de fecundidad correspondiente a la subdivisión administrativa mayor (que se obtiene de la proyección de población de esta área) referida a cada uno de los quinquenios t,t+ 5 de la proyección de las áreas mayores.

Respecto de la fecundidad por edades de las áreas administrativas menores, si no se observan diferencias significativas en la evolución de la estructura de la fecundidad proyectada para la subdivisión administrativa mayor, es factible seleccionar una estructura única para esta última y a partir de ella, estimar tasas específicas de fecundidad por edad ($_5f_x$) para cada área menor y período que cubre la proyección.

La relación utilizada para estimar tasas específicas de fecundidad por edad de las áreas menores es la siguiente:

$$_5f_x^{t,t+5}(i) = [_5f_x^{t,t+5}(m) / TGF_m^{t,t+5}(m)] * TGF_i^{t,t+5}$$

donde:

$_5f_x^{t,t+5}(i)$ es la tasa específica de fecundidad de la población femenina con edades entre x y x + 5, para el período t,t+ 5, correspondiente al área menor i

$\frac{{}_5f_x^{t,t+5}(m)}{TGF_m^{t,t+5}(m)}$ 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 de esta División para el mismo período,

TGF_i^{t,t+5} es la tasa global de fecundidad del área menor i, para el período t,t+ 5.

Calculadas las tasas específicas de fecundidad por edades respectivas, el número total de nacimientos ocurridos en un quinquenio en cada

una de las subdivisiones, se determina relacionando estas tasas con la población femenina media en edades fértiles proyectada previamente mediante el uso del algoritmo de proyección (recuérdese que para la población con estas edades se dispone tanto de los CR como de los factores K). Este cálculo puede expresarse a través de las siguientes relaciones:

Para la población femenina:

$${}_5\overline{NF}_x^{t,t+5} = 0.5 [{}_5NF_x^t + {}_5NF_x^{t+5}] \text{ para } x = 15, 20 \dots 45$$

donde:

${}_5NF_x^t$ y ${}_5NF_x^{t+5}$ es la población femenina de 15 a 50 años, por grupos quinquenales de edad de un área menor ${}_5NF_x^t$ y ${}_5NF_x^{t+5}$ para los momentos t y $t+5$, obtenida a partir del algoritmo de proyección

${}_5\overline{NF}_x^{t,t+5}$ corresponde a la población femenina de 15 a 50 años por grupos quinquenales de edad en el área menor, estimada a mediados del período $t, t+5$.

Para los nacimientos:

$$B^{t,t+5} = \sum_{x=15}^{45} [{}_5\overline{NF}_x^{t,t+5} * {}_5f_x^{t,t+5} (i)] * 5$$

donde:

$B^{t,t+5}$ 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 haciendo:

$${}_5N_0^{t+5} = B^{t,t+5} * (IMN) * P_b^{t,t+5} * K_b^{t,t+5}$$

en el caso de la población masculina y

$${}_5N_0^{t+5} = B^{t,t+5} * (1-IMN) * P_b^{t,t+5} * K_b^{t,t+5}$$

para la población femenina, donde:

IMN y $P_b^{t,t+5}$ es el índice de masculinidad al nacimiento y la relación de sobrevivencia al nacimiento por sexo, correspondientes al área mayor, para el período $t, t+5$,

$K_b^{t,t+5}$ es el factor diferencial de crecimiento de los nacimientos, estimado para el área menor, que se obtiene haciendo $K_b^{t,t+5} = [{}_5K_0^{t,t+5}]^{0.5}$

5. La población del grupo de edades abierto

Hasta aquí, se conoce el procedimiento para proyectar la población menor de cinco años y la población entre 5 y 80 años mediante las relaciones:

$${}_5N_0^{t+5} = B^{t+5} * IMN * P_6^{t,t+5} * [{}_5K_0^{t,t+5}]^{0.5}$$

$${}_5N_{x+5}^{t+5} = {}_5N_x^t * {}_5CR_x^{t,t+5} * {}_5K_x^{t,t+5} \text{ para } x = 0.5, \dots, 70$$

en tanto que para proyectar la población del grupo de edades abierto y final (80 años y más de edad), se utiliza la relación:

$$N_{80+}^{t+5} = N_{75+}^t * CR_{75+}^{t,t+5} * K_{75+}^{t,t+5}$$

6. Ajuste de las proyecciones

Para asegurar la coherencia entre las proyecciones de las áreas menores y la correspondiente a la mayor, una vez estimadas las poblaciones por sexo y edad a través del uso del algoritmo de proyección, es necesario efectuar un ajuste mediante prorratio a la población por sexo y edad del área mayor para un quinquenio determinado de la suma de las poblaciones (también por sexo y edad) de las áreas menores para el mismo quinquenio.

Se efectúa posteriormente un análisis tanto de las estructuras por sexo y edad obtenidas para cada área menor como del ritmo de crecimiento experimentado por la población por sexo a través de tasas de crecimiento.

También deben prorratiarse los nacimientos estimados para cada área menor, de modo que su suma corresponda a la del área mayor.

Otro aspecto importante de considerar, es el análisis acerca de la evolución experimentada por las proporciones que representaban las áreas menores respecto de la subdivisión administrativa mayor al momento de los censos y aquellas que se obtienen una vez elaboradas las proyecciones de población.

7. Hipótesis del método

Todas las proyecciones son por lo general la continuación de las tendencias recientes (de los 10 o 15 últimos años). Por ello, la hipótesis más importante acerca de la evolución que experimentará la población de las áreas menores que se proyectará, es la de prever variaciones regulares en el futuro, puesto que, si bien es cierto que las proyecciones pueden prever los cambios futuros de las estructuras, no ocurre lo mismo con los cambios en las tendencias de las variables demográficas.

Como en este método las proyecciones de las áreas menores dependen en gran medida de las elaboradas para la subdivisión administrativa mayor, los usuarios deben conocer las hipótesis en que descansa la elaboración de estas últimas. Se supone, en lo fundamental, que las tendencias de las variables demográficas de las áreas menores son similares a las de la mayor, tomando en consideración las diferencias de esas variables observadas para el período intercensal.

Respecto del método en sí, en el caso de la fecundidad, se ha formulado la hipótesis de que las áreas menores, conservarán durante todo el período que cubre la proyección, el mismo diferencial de fecundidad observado en cada una de ellas respecto al área mayor al momento del último censo. Por otra parte, los factores de crecimiento diferencial K que originalmente se obtienen para el período intercensal, reduciéndose posteriormente a un período de cinco años, se suponen constantes para todos los quinquenios de la proyección. Esto es, la mortalidad y la migración mantendrán el mismo comportamiento diferencial entre las áreas menores y la división administrativa mayor. En cuanto a la información censal, se puede suponer que la magnitud relativa de los errores sea la misma tanto en las áreas por proyectar, como en la subdivisión mayor que las comprende.

III. Aplicación del método de relación de cohortes para una región de Chile y comparación con otras metodologías

Para conocer la robustez del método de relación de cohortes, se detalla en este capítulo una aplicación efectuada a las provincias de la II Región (Antofagasta), cuyos resultados se comparan con los obtenidos al proyectar la población por sexo y edad para las mismas provincias utilizando

el método del diferencial de crecimiento y el método de la tabla cuadrada. Además, se aplicó la metodología para proyectar la población de las Regiones III, IV y V y esta se comparó con las proyecciones regionales, elaboradas por el método de los componentes.

En Chile, las subdivisiones administrativas más grandes corresponden a las Regiones (13), en tanto que las intermedias y menores son las provincias (51) y las comunas (335).

Para cada una, se dispone de la composición por sexo y edad para los dos últimos censos de población levantados en el país el 22 de abril de 1970 y el 21 de abril de 1982, respectivamente.

1. El caso de Chile:

II Región de Antofagasta

La II Región, situada al norte del país, se caracteriza por tener como actividad económica principal la minería (principalmente extractiva), por lo cual, presenta una migración neta negativa más acentuada en la población femenina que en la masculina (por ejemplo, mientras en el período 1980-1985, la población masculina de 20-24 años presenta un saldo migratorio neto de -518 hombres, el femenino alcanza a -1.057 mujeres). Además, se observan índices de masculinidad muy altos para la población con edades comprendidas entre los 15 y 65 años de edad, por ejemplo, el de 25-29 años en 1980, presenta un valor de 111 hombres por cada 100 mujeres.

Según la proyección de población preparada para la Región, en 1980 la población total alcanza a 338.103 personas, esperándose para el año 2000 un total de 440.635 habitantes. Las hipótesis de la proyección son conservadoras; es decir, los componentes del crecimiento demográfico cambian muy poco. Por ejemplo, las tasas globales de fecundidad descienden de 2.8 hijos por mujer en el período 1980-1985 a 2.6 hijos en 1995-2000. La mortalidad expresada en términos de la esperanza de vida al nacer, sube de 70.3 años a 71.8 años para los mismos quinquenios y la migración neta baja de - 6.500 a - 5.100 personas para el período que cubre la proyección.

La población de las provincias se proyectó para cuatro quinquenios entre 1980 y el año 2000 y la suma de las poblaciones totales de ellas para este último año, dió 450.033 personas; es decir, un 2.2% más que la proyección de la Región.

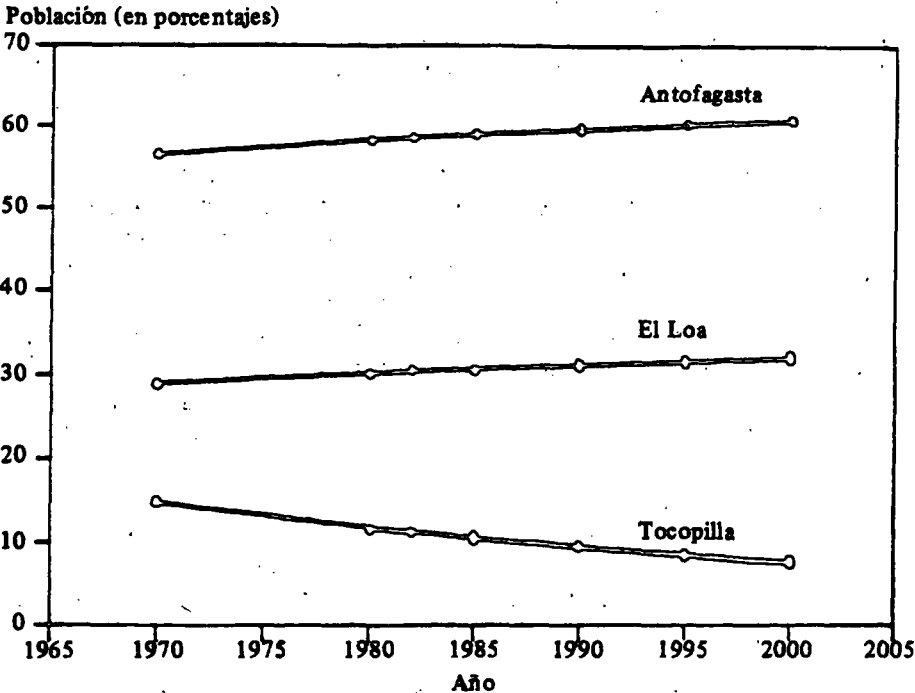
Al ajustar las proyecciones provinciales por sexo y grupos de edad a la proyección de la Región, las diferencias resultaron un poco mayores

para las mujeres (2.5%) que para los hombres (1.9%); así como para los jóvenes respecto de la población con edades más avanzadas. Del mismo modo, el número de nacimientos proyectados fue un 2.0% mayor que el correspondiente a la Región, por lo cual se hizo también el ajuste correspondiente.

Según las proyecciones, la población en el año 2000 para la provincia de Tocopilla, alcanzaría a 32.600 personas, lo que representa un 7.4% de la población total de la Región a la misma fecha. Para la provincia de El Loa sería de 140.800 habitantes (32.0% de la Región) y para la provincia de Antofagasta de 267.000 habitantes, esto es, 60.6% de la II Región.

A continuación en el Gráfico 2, se presenta la distribución relativa de la población total de las provincias respecto de la Región, para cada uno de los años que cubre la proyección.

Gráfico 2
II Región: Distribución relativa de la población
por provincias 1970-2000
por Provincias. 1970-2000.



FUENTE: Tabla 15 del Anexo

De acuerdo con esta información, en general las reparticiones obtenidas siguen las tendencias de los años 1970-1982, observándose que la provincia de Tocopilla no sólo disminuye su importancia relativa, sino que su población también disminuye en términos absolutos. Este comportamiento puede explicarse por el hecho de que mientras su población (en términos relativos) entre los censos de 1970 y 1982 descendió de 14.7% a 11.2%, en términos absolutos creció, siendo este incremento muy leve en comparación con las demás provincias: el crecimiento de la provincia de Tocopilla fue sólo de 3% en comparación con 42% y 41% para las provincias de El Loa y Antofagasta.

Respecto del comportamiento de los factores diferenciales de crecimiento, en el Cuadro 2 y Gráfico 3, se presentan los factores K por sexo y grupos de edades estimados para las tres provincias en estudio.

En el Gráfico 3, los factores de las provincias resultan bastante regulares; pero se observa una discrepancia importante entre las referidas a los hombres y las mujeres de la provincia de Tocopilla. El comportamiento de los factores diferenciales de crecimiento (K) da cuenta de una migra-

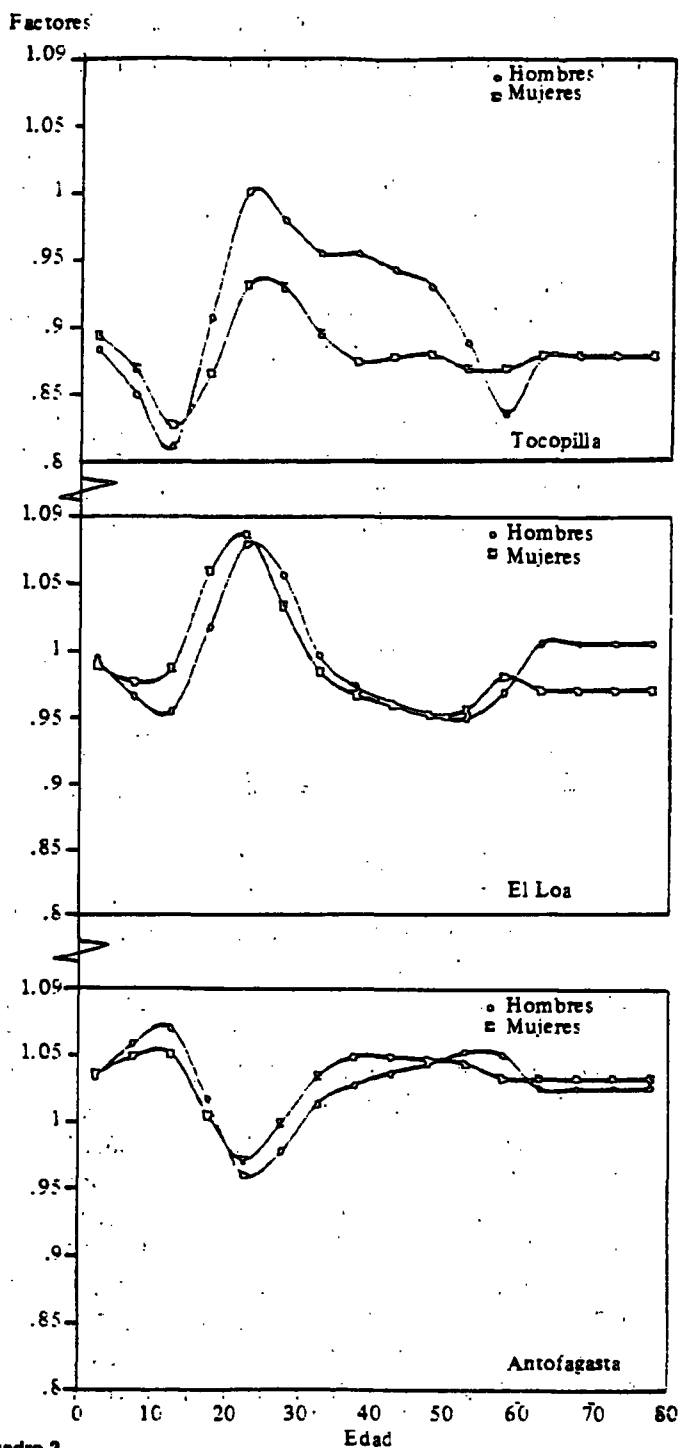
Cuadro 2

II Región: Factores diferenciales de crecimiento (K) por provincias y sexo, según grupos de edad

Grupos de edad	Tocopilla		El Loa		Antofagasta	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
0- 4	0.88322	0.89393	0.99484	0.98963	1.03250	1.03491
5- 9	0.85017	0.86801	0.96586	0.97706	1.05765	1.04796
10-14	0.80997	0.82600	0.95428	0.98692	1.07029	1.05117
15-19	0.90732	0.86481	1.01751	1.05865	1.01635	1.00548
20-24	1.00154	0.93149	1.07882	1.08580	0.96071	0.97200
25-29	0.97972	0.93043	1.05657	1.03273	0.97757	0.99924
30-34	0.95577	0.89505	0.99550	0.98392	1.01432	1.03453
35-39	0.95461	0.87462	0.97217	0.96629	1.02807	1.04920
40-44	0.94280	0.87698	0.96121	0.95876	1.03731	1.04895
45-49	0.93101	0.87991	0.95166	0.95131	1.04355	1.04702
50-54	0.88810	0.86847	0.94840	0.95537	1.05214	1.04436
55-59	0.83597	0.86828	0.96793	0.97988	1.05088	1.03326
60-64	0.87798	0.87902	1.00508	0.97020	1.02522	1.03252
65-69	0.87798	0.87902	1.00508	0.97020	1.02522	1.03252
70-74	0.87798	0.87902	1.00508	0.97020	1.02522	1.03252
75 y más	0.87798	0.87902	1.00508	0.97020	1.02522	1.03252

FUENTE: Tablas 5, 6 y 7. Anexo.

Gráfico 3
II Región: Factores diferenciales de crecimiento (K),
por provincias y sexo, según grupos de edad



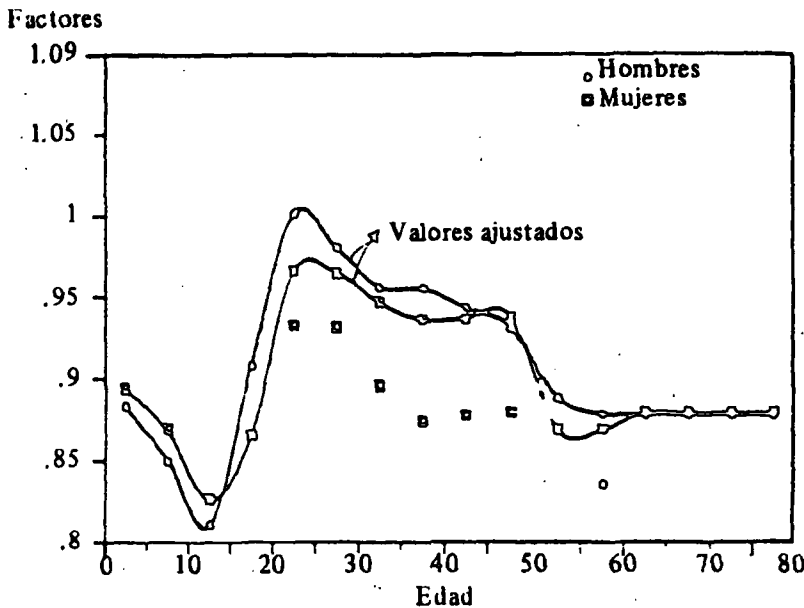
FUENTE: Cuadro 2

ción neta más importante en la población femenina y su uso directo conduce a índices de masculinidad totales poco realistas. Por ejemplo, el índice total crece de 107 hombres por 100 mujeres en 1980 a 115 hombres por cada 100 mujeres en el año 2000; mientras que para el grupo de edades 50-54 años, el índice es 131 en 1980 y 146 en el año 2000.

Aunque se puede pensar que estos resultados serían posibles, se prefirió reducir estas diferencias suavizando los factores correspondientes a las mujeres entre los grupos de edades 15-19 y 55-59 años. Para este efecto, de acuerdo con lo señalado anteriormente sobre el tratamiento de los factores K, se ha calculado la raíz cuadrada de ellos, obteniendo así para la población femenina unos factores bastante cercanos a los de los hombres (recuérdese que también existe la posibilidad de ajustar los factores gráficamente). En esta oportunidad, se aprovechó también para atribuir a la población masculina del grupo de edades 55-59 años, el mismo valor observado para el grupo de edades 60-64 años.

En el Gráfico 4 se presentan los factores K corregidos para la provincia de Tocopilla. Los nuevos factores (que en este caso son superiores a los calculados directamente con la información censal) implican una migración neta negativa menor para las mujeres, con lo cual la proyec-

Gráfico 4
Provincia de Tocopilla: Factores diferenciales de crecimiento ajustados, por sexo, según edad



FUENTE: Cuadro 2

ción con estos valores de K conducirá a una población femenina, y en consecuencia, a un número de nacimientos un poco más elevados que los obtenidos anteriormente. Por lo tanto, los factores de ajuste de la población total serán también algo mayores.

La proyección con los factores K corregidos, da en el año 2000 una población antes del prorrateo de 451.899 personas y de 44.788 nacimientos para el último quinquenio; siendo en este caso los factores de ajuste de 1.026 para la población (en vez de 1.023) y 1.023 para los nacimientos (en vez de 1.020).

El Cuadro 3 contiene el resumen de las proyecciones de la II Región y de las provincias de Tocopilla, El Loa y Antofagasta, información que

Cuadro 3

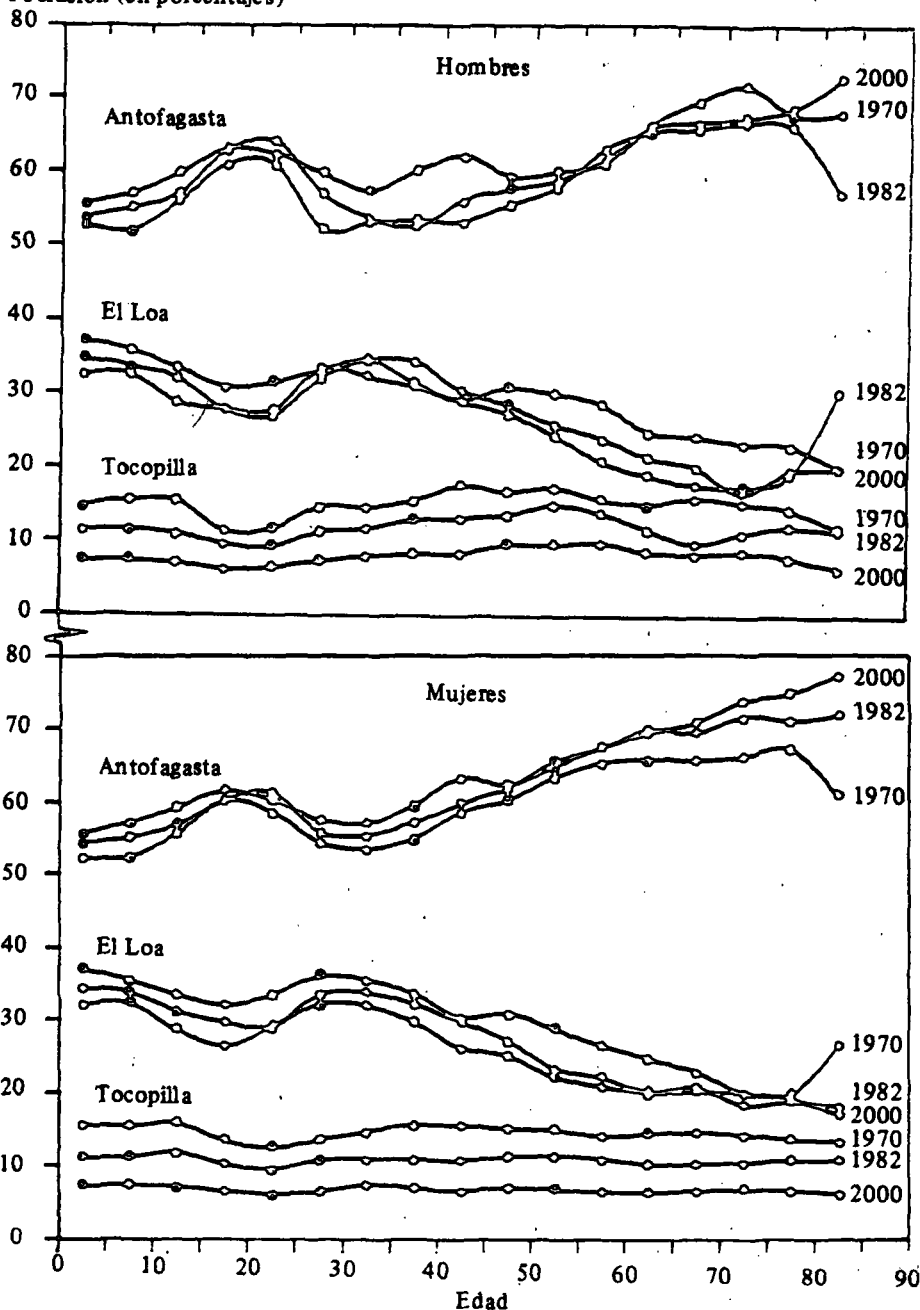
II Región: Población total observada y proyectada, crecimiento y nacimientos, por provincias, según periodo: 1980-2000

Períodos	Total		Tocopilla		El Loa		Antofagasta	
	Población	%	Población	%	Población	%	Población	%
Poblacion total								
1970	251.976	100.00	37.123	14.73	72.800	28.89	142.053	56.38
1982	341.702	100.00	38.224	11.19	103.363	30.33	199.845	58.49
1980	338.103	100.00	39.457	11.67	101.866	30.13	196.780	58.20
1985	363.329	100.00	38.279	10.54	111.294	30.63	213.756	58.83
1990	389.547	100.00	37.063	9.51	121.007	31.06	231.477	59.42
1995	415.487	100.00	35.666	8.58	130.745	31.47	249.076	59.95
2000	440.365	100.00	34.004	7.72	140.300	31.86	266.061	60.42
Crecimiento								
1980-1985	25.226	7.46	-1.178	-2.99	9.428	9.26	16.977	8.63
1985-1990	26.218	7.22	-1.216	-3.17	9.713	8.73	17.720	8.29
1990-1995	25.940	6.66	-1.397	-3.77	9.738	8.05	17.599	7.60
1995-2000	24.878	5.99	-1.662	-4.66	9.555	7.31	16.986	6.82
Nacimientos								
1980-1985	41.862	100.00	4.725	11.29	14.421	34.45	22.716	54.27
1985-1990	42.782	100.00	4.393	10.27	15.079	35.25	23.310	54.48
1990-1995	43.479	100.00	3.983	9.16	15.762	36.25	23.734	54.59
1995-2000	43.773	100.00	3.535	8.08	16.281	37.19	23.955	54.73

Gráfico 5

**II Región: Distribución relativa de la población,
por provincias y sexo, según grupos de edad, respecto
de la región 1970, 1982 y 2000**

Población (en porcentajes)



FUENTE: Tabla 2 y 14C del Anexo

llevada al Gráfico 2 ya presentado, permite observar que las nuevas proyecciones (que consideran un ajuste de los factores en la provincia de Tocopilla) cambian muy poco los resultados y las proporciones en el año 2000.

Resulta interesante ver la distribución porcentual de cada grupo de edades en las provincias respecto de la población de la Región (también por edades) en los censos y en el año 2000 (Gráfico 5).

En este Gráfico, se aprecia bastante bien el descenso regular de las proporciones de cada grupo de edades de la provincia de Tocopilla entre los dos censos y de las proporciones obtenidas con las proyecciones. Sin embargo, se notan más fluctuaciones en las otras provincias, entre los grupos de edades al momento de cada censo. Así, por ejemplo, para la provincia de Antofagasta, en 1982 la proporción de hombres de 35 a 39 años de edad es de 53%, mientras que para el grupo de edad 70-74 años llega a 72%.

Aunque las proyecciones siguen la tendencia general observada, presentan una distribución relativa por edades más suave que los censos y en ellas se observa que después de veinte años, es factible identificar un eco demográfico de la estructura de 1982. Así, por ejemplo, la cúspide de los 20-24 años de la provincia de Antofagasta para el último censo, repercute en el grupo de edades 40-44 años del año 2000.

Es conveniente señalar, además, que los nuevos factores K conducen a un índice de masculinidad para la población total de la provincia de Tocopilla equivalente a 108 hombres por cada 100 mujeres en el año 2000, valor que resulta más realista, si se compara con el 115 obtenido a partir de los factores antes de la corrección o con el 107 de la población inicial (1980).

En Chile se dispone anualmente del total de nacimientos para distintos niveles geográficos ⁷ y al momento de elaborar esta investigación se cuenta con los nacimientos registrados a través de las estadísticas vitales a nivel provincial para el quinquenio 1980-1985 (Cuadro 4), lo que permite (para este período), efectuar una comparación entre la información obtenido a través del método de relación de cohortes y los datos observados.

Considerando que el total de nacimientos de la Región proviene de las proyecciones del área grande, se comparará su distribución relativa por provincias.

En la provincia de Tocopilla, las proporciones son prácticamente iguales, mientras que de acuerdo con los datos del Cuadro 4, éstas resultan un poco superiores a las observadas en la provincia de El Loa y menores a las de la provincia de Antofagasta.

⁷ INE, "Demografía", anuarios correspondientes a los años del período 1980-1985.

Cuadro 4

II Región: Nacimientos observados y proyectados por provincias 1980-1985

Fuente	II Región		Tocopilla		El Loa		Antofagasta	
	Naci- mientos	%	Naci- mientos	%	Naci- mientos	%	Naci- mientos	%
Observados	40.175	100.0	4.562	11.4	13.560	33.7	22.053	54.9
Proyectados	41.862	100.0	4.725	11.3	14.421	34.4	22.717	54.3

FUENTE: INE, Demografía, Anuarios correspondientes a los años del período 1980-1985

A pesar de lo señalado en el párrafo anterior, se puede concluir que las proyecciones, en general, dan una repartición de los nacimientos bastante similares a la repartición observada.

2. Comparación con los resultados obtenidos a través de otros métodos

En esta Sección, se comparan los resultados obtenidos con el método de relación de cohortes y los de proyecciones elaboradas con otros tres métodos: el de diferencial de crecimiento, el método de la tabla cuadrada y el método de los componentes.

a) Métodos de diferencial de crecimiento y tabla cuadrada

El método de diferencial (transversal) de crecimiento ⁸, consiste básicamente en proyectar, mediante una función logística, las proporciones de los grupos de edades por sexo de acuerdo con el ritmo de crecimiento observado en dos censos (por ejemplo, con las proporciones de los 5-9 años del área menor respecto de la mayor en 1970 y los 5-9 años calculados de igual forma para el censo de 1982, se proyecta la proporción de los 5-9 años en 2000). Es un método más sencillo que el de la relación de cohortes; ya que en este último, como se recordará, se comparan las proyecciones de una misma (o aproximada) cohorte; por ejemplo, los 5-9 años en 1970 y los 15-19 años en 1982, considerando además las diferencias de fecundidad y la estructura de la población al momento del último censo.

⁸ Naciones Unidas, Manual VIII: "Métodos para preparar proyecciones de población urbana y rural", (ST/ESA/Ser.A/55), Nueva York, 1975. Este método se encuentra también presentado en: Rincón, M. y Hernández, H., Método para elaborar proyecciones de población de áreas pequeñas por sexo y grupos de edad, CELADE, San José, 1987, Inédito.

Por lo tanto, aunque los dos métodos necesitan los mismos datos básicos, es decir, la población de dos censos para las áreas menores y mayor, una población inicial correspondiente a las áreas menores y una proyección de población para la mayor, se elaboran proyecciones de población por proporciones en un caso y de cohortes en el otro.

Por otra parte, el método de la tabla cuadrada ⁹, consiste en proyectar mediante un método matemático (crecimiento geométrico, logístico u otro) la población global por sexo de las áreas menores que integran una subdivisión administrativa mayor y posteriormente, mediante prorrateos sucesivos, a partir de la última estructura por edad observada o estimada en cada una de ellas, se ajusta la población tanto a los totales por sexo de cada área menor como a la proyección de población por grupos de edades de la subdivisión administrativa mayor.

Las proyecciones con los tres métodos, dan poblaciones totales en el año 2000 muy cercanas (Cuadro 5) y en el caso de la provincia de Antofagasta, que contiene el volumen de población más importante, resultan casi iguales.

Las diferencias son muy pequeñas para la provincia de El Loa, y mayores en la provincia de Tocopilla (la de menor tamaño en términos absolutos), siendo estas diferencias más significativas con el método de la tabla cuadrada; el que, a su vez, presenta las proyecciones más bajas entre los métodos aplicados.

Cuadro 5

II Región: Población total por provincias, según método de proyección. 2000

Método	II Región		Tocopilla		El Loa		Antofagasta	
	Población	%	Población	%	Población	%	Población	%
1980*	338.103	100.0	39.457	11.7	101.866	30.1	196.780	58.2
Relación de cohortes	440.365	100.0	34.237	7.8	140.242	31.8	265.887	60.4
Diferencia de crecimiento	440.365	100.0	35.483	8.1	137.986	31.3	266.896	60.6
Tabla cuadrada	440.365	100.0	31.552	7.2	141.349	32.1	267.464	60.7

* Se ha incluido el año 1980 para observar la importancia relativa de las provincias en el momento inicial.

⁹ Para mayor información sobre este método, véase:

Bocaz, A., Regresión múltiple lineal: teoría y aplicaciones (I parte), Regresión en tablas de múltiple entrada (II parte), CELADE, Series AS/18, San José, 1973.

Deming, W., Edwards, Statistical adjustment of data, Dover, 1943.

Si bien es cierto que los totales obtenidos son muy semejantes para los tres métodos (aunque en el caso del método de la tabla cuadrada el total se ha fijado previamente aplicando un procedimiento matemático), la composición por sexo y grupos de edades (Gráfico 6) presenta diferencias bastante importantes.

En el Gráfico 6 se observa que las curvas del método de relación de cohortes son más suaves que las correspondientes a los métodos de diferencial de crecimiento y de la tabla cuadrada, los que si bien es cierto presentan diferencias menores en relación a la población femenina de los censos, en el caso de la población masculina, exageran las fluctuaciones de las proporciones observadas.

b) Prueba del método con las regiones del Norte Chico y comparación con los resultados que se obtienen con el método de las componentes

Se ha considerado de interés hacer otra prueba, para comparar los resultados que se obtienen mediante el método de proyecciones en estudio y las que se elaboran a través del método de componentes. Con este propósito, la prueba está referida a una agrupación de tres regiones del Norte de Chile, que se ha denominado Norte Chico (y que en el método corresponderá a la subdivisión administrativa mayor), elaborándose proyecciones para la III Región (Atacama), la IV (Coquimbo) y la V (Valparaíso) (que en este caso corresponderán a las áreas menores) y para las cuales ya existen proyecciones de población elaboradas a través del método de componentes ¹⁰.

La población total de las tres regiones en 1980, es de 1.790.973 personas, en tanto que la población proyectada hacia el año 2000, es de 2.335.052 personas.

Las hipótesis de la proyección del Norte Chico son conservadoras, es decir, se han supuesto leves cambios en la evolución de los indicadores de nivel de los fenómenos demográficos. Así, por ejemplo, las tasas globales de fecundidad bajan de 2.7 hijos por mujer en el período 1980-1985, a 2.5 hijos en el período 1995-2000 y la esperanza de vida al nacer, para ambos sexos, sube de 71.8 a 73.2 años entre los mismos quinquenios.

La migración neta total desciende de -21.700 personas a - 17.100 personas a lo largo del período que cubre la proyección.

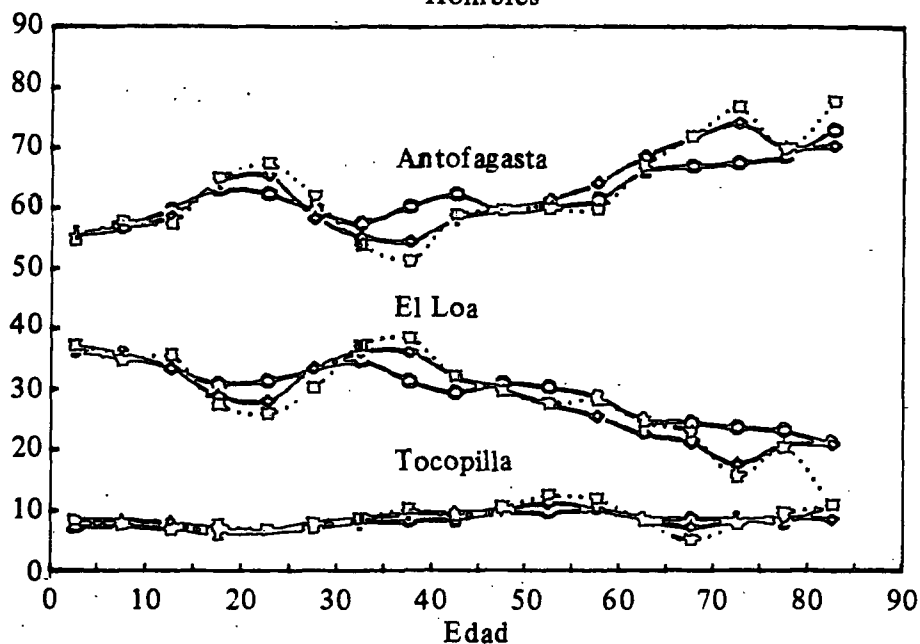
Con el método de relación de cohortes, se proyectó la población de las tres regiones durante cuatro quinquenios (desde 1980 hasta el año 2000) y la suma de ellas en el año 2000 alcanzó a 2.334.503 habitantes, es

¹⁰ INE-CELADE, Chile: Proyecciones de población por sexo y edad. Regiones 1980-2000. Fascículo F/CHI.3, Santiago, 1987.

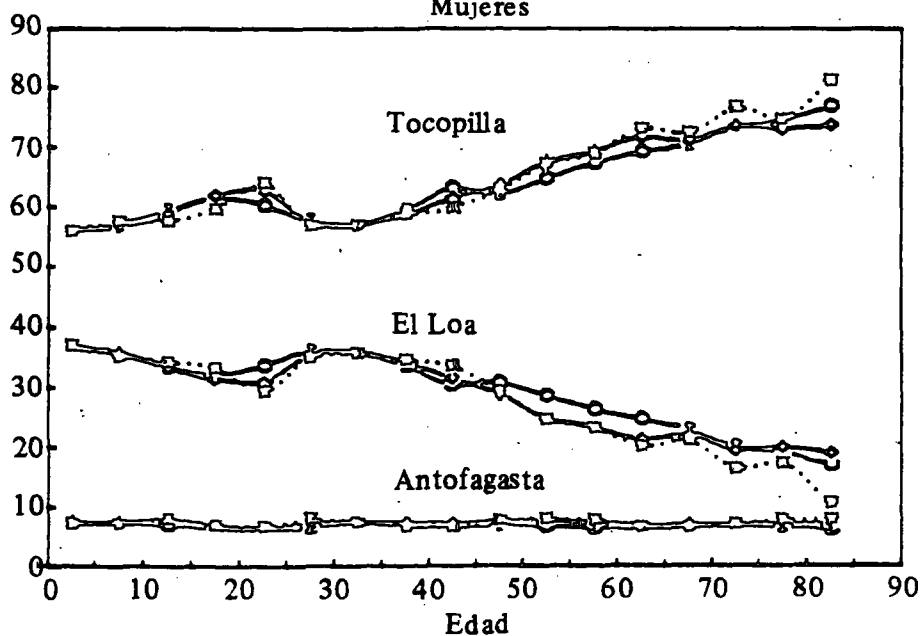
Gráfico 6
II Región: Distribución relativa de la población,
por provincias y método, según grupos de edad, y sexo
2000

Población (en porcentajes)

Hombres



Mujeres



decir, una diferencia sólo de un -0.02% respecto de las proyecciones del Norte Chico elaboradas con el método de componentes.

En cuanto a las diferencias por sexo, antes del prorrateo éstas resultaron de 0.2% para los hombres y de -0.2% para las mujeres, con lo cual los factores de ajuste por sexo resultan muy pequeños.

El número de nacimientos obtenidos para la suma de las regiones, representó 1.4% más que el número proyectado para el Norte Chico en el quinquenio 1995-2000, efectuándose igual que para la población, un ajuste mediante prorrateo.

Según las proyecciones obtenidas a partir del método de relación de cohortes, la distribución de la población del Norte Chico en el año 2000, sería de 9.8% para la III Región, de 23.6% para la IV Región y de 66.6% para la V Región; mientras que con el método de los componentes, la importancia relativa obtenida es de 8.8%, 24.1% y 67.1% para cada región a igual fecha. Es decir, por ambos métodos se ha llegado a proyecciones que presentan cambios muy pequeños en comparación con la distribución observada en los censos de 1982 (10.1%, 23.2% y 66.7%) y de 1970, como puede apreciarse en el Gráfico 7.

Gráfico 7

Norte Chico: Distribución relativa de la población total, por regiones. 1970-2000

Población (en porcentajes)

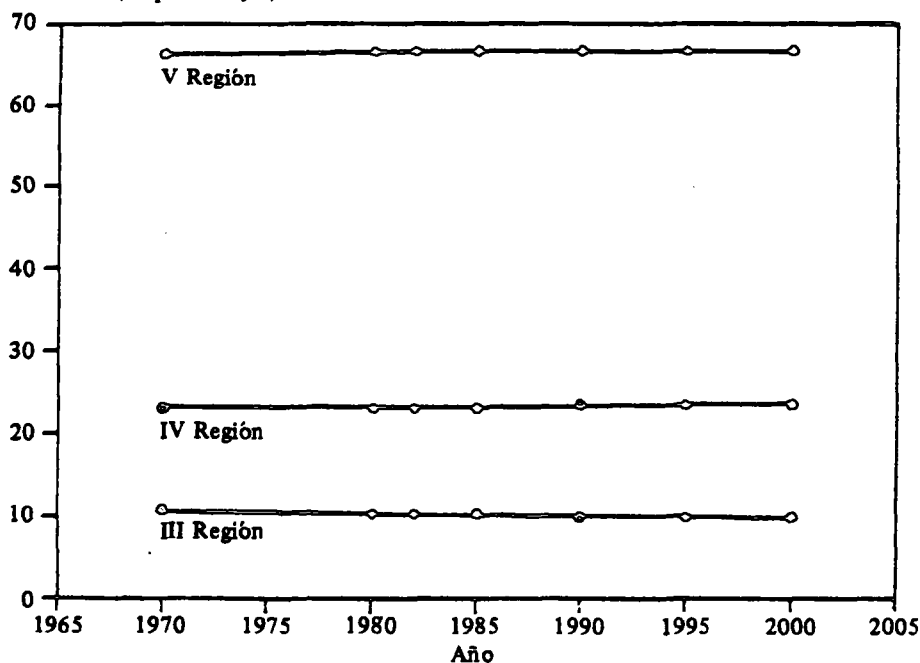
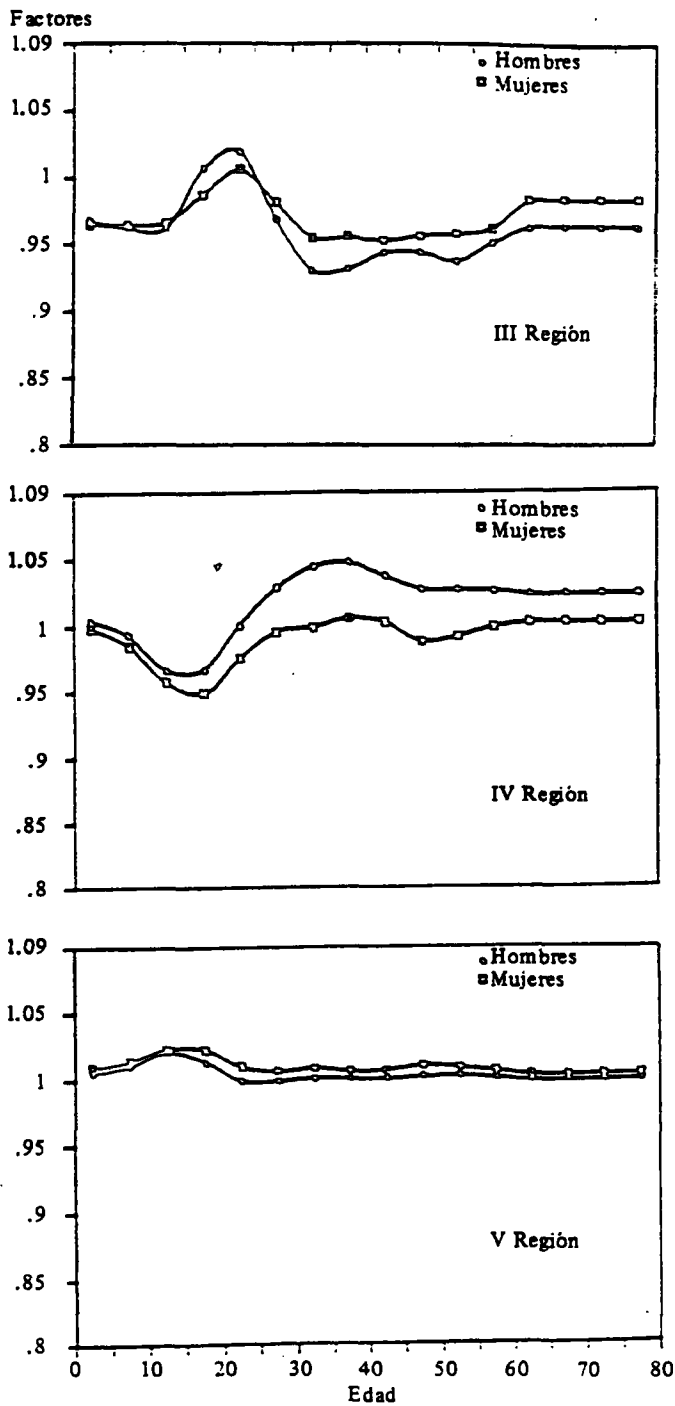


Gráfico 8
Norte Chico: Factores diferenciales de crecimiento (K),
por, región y sexo, según grupos de edad



Respecto de los factores diferenciales de crecimiento por cohorte (véase Gráfico 8), las variaciones son mucho menores que las observadas para las provincias en el Gráfico 3 y aunque hay algunas diferencias entre los factores de los hombres adultos y de las mujeres de la región IV, un intento por ajustar los factores masculinos no condujo a un cambio significativo en los resultados, motivo por el cual se adoptaron los valores de K observados.

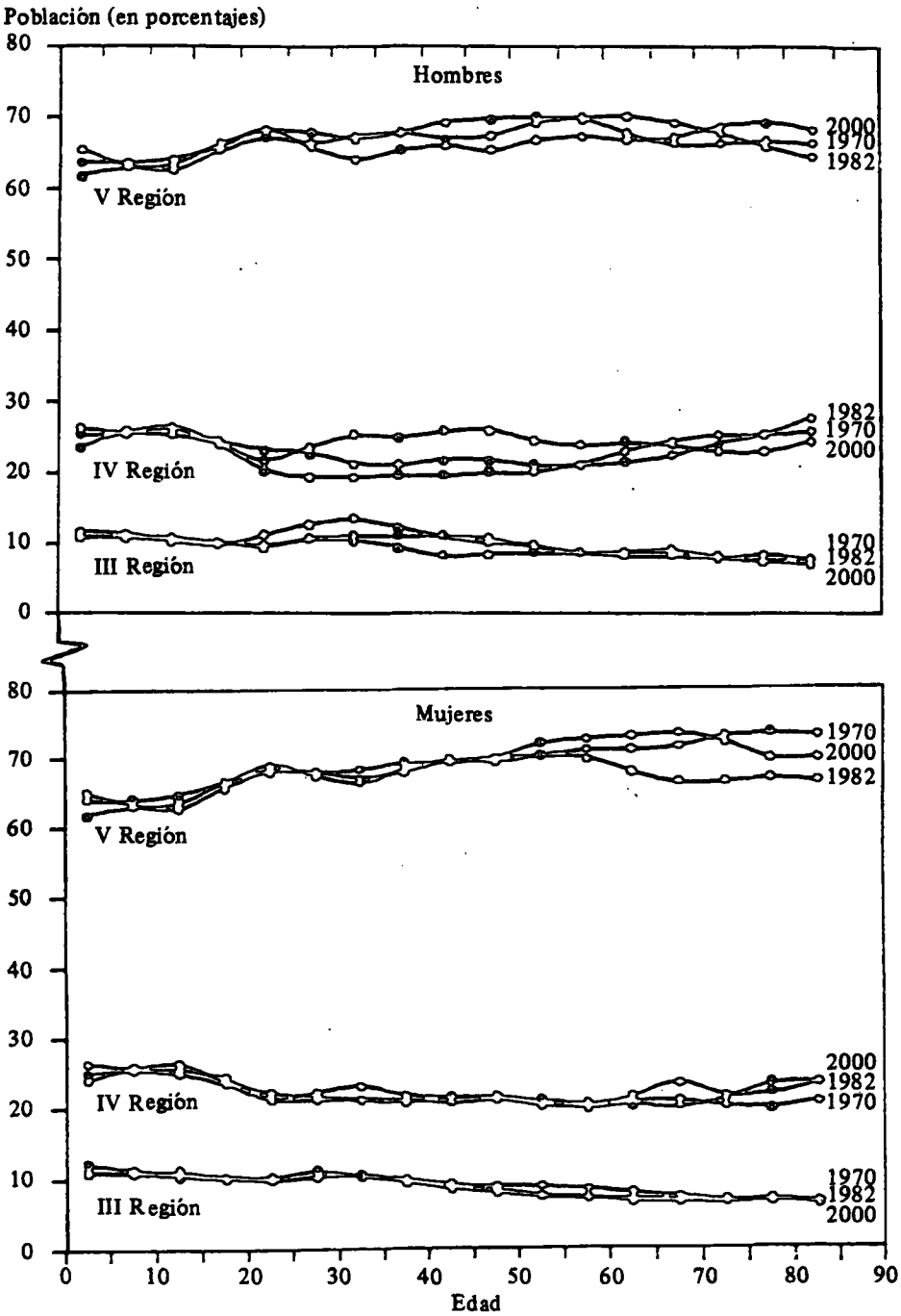
Cuadro 6

Norte Chico: Población total observada y proyectada, crecimiento y nacimientos, por regiones, según período. 1980-2000

Períodos	Total		III Región		IV Región		V Región	
	Pobla- ción	%	Pobla- ción	%	Pobla- ción	%	Pobla- ción	%
Poblacion total								
1970	1.458.953	100.00	153.888	10.55	338.646	23.21	966.419	66.24
1982	1.813.440	100.00	183.407	10.11	419.956	23.16	1.210.077	66.73
1980	1.790.973	100.00	183.541	10.25	414.048	23.12	1.193.384	66.63
1985	1.922.894	100.00	194.704	10.13	445.837	23.19	1.282.353	66.69
1990	2.063.299	100.00	206.821	10.02	481.286	23.33	1.375.192	66.65
1995	2.202.579	100.00	218.385	9.91	517.521	23.50	1.466.673	66.59
2000	2.335.053	100.00	228.471	9.78	551.938	23.64	1.554.644	66.58
Crecimiento								
1980-1985	131.921	7.37	11.163	6.08	31.789	7.68	88.969	7.46
1985-1990	140.405	7.30	12.117	6.22	35.449	7.95	92.839	7.24
1990-1995	139.280	6.75	11.565	5.59	36.234	7.53	91.481	6.65
1995-2000	132.474	6.01	10.086	4.62	34.417	6.65	87.971	6.00
Nacimientos								
1980-1985	213.686	100.00	24.511	11.47	53.371	24.98	135.804	63.55
1985-1090	226.005	100.00	25.976	11.49	57.294	25.35	142.735	63.16
1990-1995	228.258	100.00	26.139	11.45	58.037	25.43	144.081	63.12
1995-2000	225.756	100.00	25.519	11.30	56.741	25.13	143.496	63.56

En el Cuadro 6 y Gráfico 9, se presentan los principales resultados de las proyecciones de las tres Regiones. No se observan cambios importantes ni en los porcentajes ni en las tasas quinquenales de crecimiento: aunque las distribuciones relativas de la población por sexo y grupos

Gráfico 9
Norte Chico: Distribución relativa de la población,
por regiones y sexo, según grupos de edad, respecto del
Norte Chico. 1970, 1982 y 2000



de edad de las regiones del Norte Chico al momento de cada censo y para el año 2000 presentan diferencias mayores que para el total, se ve que el método da proporciones muy semejantes a las de los censos, especialmente para la población femenina.

Recordando que la razón principal de la selección del Norte Chico fue la de comparar los resultados que se obtienen a través del método de relación de cohortes con los de un método más completo como lo es el de los componentes, que habitualmente se usa para las proyecciones de las áreas mayores, se presentan a continuación las poblaciones totales estimadas en cada caso, para el año 2000 (Cuadro 7).

Cuadro 7

Norte Chico: Proyecciones de población por regiones, según los métodos de relación de cohortes y de los componentes 2000

Método	Norte Chico		III Región		IV Región		V Región	
	Pobla- ción	%	Pobla- ción	%	Pobla- ción	%	Pobla- ción	%
1980*	1.790.973	100.0	183.541	10.3	414.048	23.1	1.193.384	66.6
Relación cohortes	2.335.053	100.0	228.471	9.8	551.938	23.6	1.554.644	66.6
Componentes	2.335.053	100.0	205.725	8.8	562.913	24.1	1.566.415	67.1
Diferencia			22.746	11.1	-10.975	-1.9	-11.711	-0.8

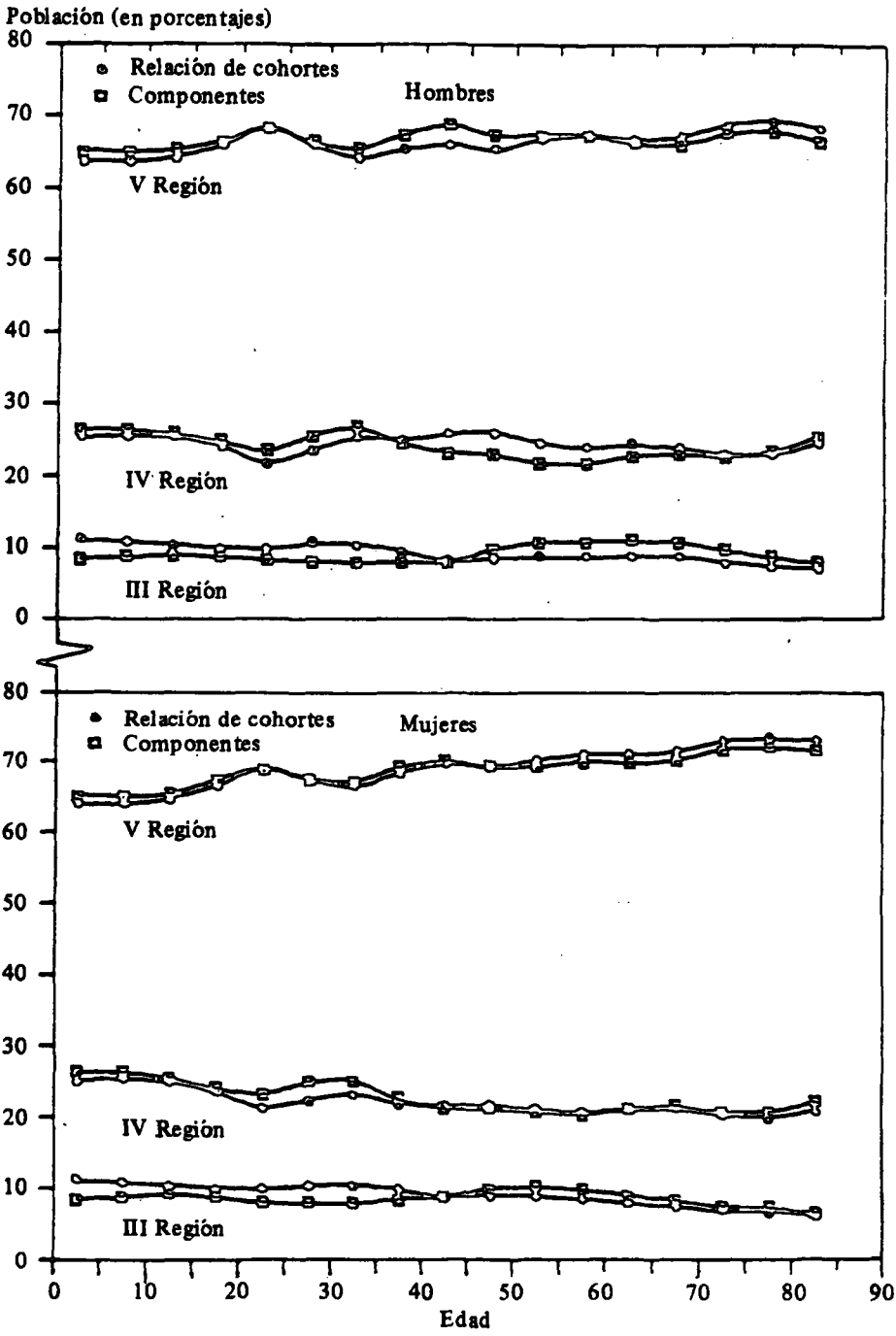
(*) Se ha incluido el año 1980, para observar la importancia relativa de las regiones al momento inicial.

Cuadro 8

Norte Chico: Tasas globales de fecundidad y distribución de los nacimientos por regiones, según método 1980-1985 y 1995-2000

Períodos y métodos	Tasas globales de fecundidad				Nacimientos (%)			
	NCH	III	IV	V	NCH	III	IV	V
1980-1985								
Observados					100.0	10.9	24.2	64.9
Relación cohortes	2.69	2.93	2.97	2.50	100.0	11.5	25.0	63.5
Componentes	2.69	2.81	2.97	2.58	100.0	10.6	24.8	64.5
1995-2000								
Relación cohortes	2.50	2.72	2.75	2.32	100.0	11.3	25.1	63.6
Componentes	2.50	2.62	2.76	2.39	100.0	8.9	26.5	64.7

Gráfico 10
Norte Chico: Distribución relativa de la población,
por regiones y método, según grupos de edad
2000



Para aquellas dos regiones con los mayores volúmenes de población, las diferencias en el año 2000 son pequeñas: 66.7% contra 67.1% y 23.6% contra 24.1% (-1% y -2% en términos relativos).

Para la III Región (la más chica), la diferencia entre los porcentajes 9.8% y 8.8% es también pequeña; sin embargo en términos relativos y aunque la diferencia es de 11%, es muy probable que en el año 2000 sea más marcada la diferencia entre la realidad y las proyecciones que entre las variaciones obtenidas en términos absolutos y relativos.

La composición por sexo y grupos de edad ha resultado también muy cercana para las tres regiones, especialmente para la V Región, que es la que tiene el mayor volumen de población (Gráfico 10).

Respecto de la fecundidad, es interesante comparar las tasas globales de fecundidad (TGF) y la distribución de los nacimientos para cada región, obtenidas por ambos métodos (Cuadro 8).

El procedimiento para estimar las tasas globales de fecundidad en el método de relación de cohortes, proporciona valores muy cercanos a los que se derivan del método de componentes.

Para la IV Región las tasas son prácticamente las mismas, mientras que para la V y III Regiones, por el método de relación de cohortes, se ha obtenido una escasa subestimación para la primera y una pequeña sobreestimación en la segunda.

Las diferencias son también pequeñas en las distribuciones relativas de los nacimientos, por ejemplo, para la V Región en el periodo 1995-2000 las proporciones son 63.6% para el método de relación de cohortes y 64.7% para el método de los componentes, en tanto que para la región más pequeña, la diferencia es un poco mayor (11.3% y 8.9% respectivamente).

Conclusiones

De acuerdo con lo observado en este estudio, el método de relación de cohortes presenta ventajas prácticas y teóricas considerables en la elaboración de proyecciones de población para las subdivisiones administrativas menores. Desde el punto de vista práctico, el método necesita como datos básicos nada más que las poblaciones de dos censos para las subdivisiones administrativas mayores y menores y algunos parámetros de fecundidad y de mortalidad correspondientes a la proyección del área mayor.

Desde el punto de vista teórico, el método es un verdadero modelo demográfico que proyecta poblaciones por cohorte teniendo en cuenta tanto la estructura de la población, como la fecundidad.

Además, no necesita el cálculo de migración neta por sexo y grupos de edades, información que frecuentemente es de bastante mala calidad para las áreas menores.

Las pruebas del método con áreas menores de Chile, muestran que éste se puede aplicar sin grandes dificultades a datos censales de regular calidad.

Aunque los otros métodos de proyección utilizados para la prueba dan resultados totales muy semejantes, especialmente para las áreas geográficas con los volúmenes de población más importantes, el método de relación de cohortes, proporciona distribuciones relativas de las poblaciones por sexo y grupos de edades más suaves que los métodos de diferencial de crecimiento y de tabla cuadrada y tiene además la ventaja de presentar los nacimientos por quinquenio.

Para finalizar, recordemos que el futuro es por supuesto incierto y deben utilizarse las proyecciones con suma prudencia.

Anexo

Tabla 1

**II Región: Población total por sexo según grupos de edad
Censos de 1970 y 1982**

Grupos de edad	Total		Tocopilla		El Loa		Antofagasta	
	Hom-bres	Muje-res	Hom-bres	Muje-res	Hom-bres	Muje-res	Hom-bres	Muje-res
Censo 1970								
Total	127.385	124.591	18.774	18.349	37.198	35.602	71.413	70.640
0- 4	14.901	14.497	2.204	2.274	4.830	4.637	7.867	7.586
5- 9	16.704	16.782	2.598	2.595	5.422	5.411	8.684	8.776
10-14	15.018	15.318	2.322	2.436	4.313	4.373	8.383	8.509
15-19	13.742	13.365	1.555	1.798	3.819	3.524	8.368	8.043
20-24	11.781	11.364	1.363	1.422	3.259	3.288	7.159	6.654
25-29	9.791	9.645	1.435	1.313	3.259	3.104	5.097	5.228
30-34	8.344	8.073	1.221	1.191	2.691	2.574	4.432	4.308
35-39	8.133	7.801	1.272	1.225	2.511	2.304	4.350	4.272
40-44	7.530	6.898	1.332	1.069	2.181	1.795	4.017	4.034
45-49	5.690	5.043	961	759	1.560	1.256	3.169	3.028
50-54	4.333	4.087	760	607	1.062	900	2.511	2.580
55-59	3.332	3.400	528	480	698	707	2.106	2.213
60-64	2.906	2.736	444	395	556	545	1.906	1.796
65-69	2.124	2.180	343	318	378	437	1.403	1.425
70-74	1.423	1.362	219	194	252	271	952	897
75-79	804	909	117	123	155	179	532	607
80 y más	829	1131	100	150	252	297	477	684
Censo 1982								
Total	171.386	170.316	19.671	18.553	52.110	51.523	99.605	100.240
0- 4	19.469	19.385	2.243	2.176	6.749	6.678	10.477	10.531
5- 9	19.821	19.741	2.269	2.218	6.657	6.659	10.895	10.864
10-14	17.939	17.935	1.970	2.150	5.743	5.595	10.226	10.190
15-19	17.683	17.429	1.685	1.779	4.893	5.150	11.105	10.500
20-24	18.047	18.039	1.657	1.734	4.847	5.260	11.543	11.045
25-29	16.245	15.579	1.820	1.692	5.191	5.223	9.234	8.664
30-34	13.059	12.600	1.537	1.387	4.513	4.247	7.009	6.966
35-39	10.579	10.268	1.375	1.122	3.637	3.290	5.567	5.856
40-44	8.742	8.529	1.161	919	2.666	2.524	4.915	5.086
45-49	7.260	6.898	1.001	780	2.070	1.862	4.189	4.256
50-54	7.075	6.917	1.070	793	1.835	1.609	4.170	4.515
55-59	5.058	4.948	709	545	1.221	1.085	3.128	3.318
60-64	3.659	3.724	433	384	790	748	2.436	2.592
65-69	2.799	3.081	278	318	568	636	1.953	2.127
70-74	1.831	2.281	209	239	307	416	1.315	1.626
75-79	1.139	1.489	139	160	226	277	774	1.052
80 y más	981	1.473	115	157	197	264	669	1.052

Tabla 2
II Región: Distribución relativa de la población por sexo según grupos de edad
Censos de 1970 y 1982

Grupos de edad	Tocopilla		El Loa		Antofagasta	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Censo 1970						
Total	14.74	14.73	29.20	28.58	56.06	56.70
0- 4	14.79	15.69	32.41	31.99	52.80	52.23
5- 9	15.55	15.46	32.46	32.24	51.99	52.29
10-14	15.46	15.90	28.72	28.55	55.82	55.55
15-19	11.32	13.45	27.79	26.37	60.89	60.18
20-24	11.57	12.51	27.66	28.93	60.77	58.55
25-29	14.66	13.61	33.29	32.18	52.06	54.20
30-34	14.63	14.75	32.25	31.88	53.12	53.36
35-39	15.64	15.70	30.87	29.53	53.49	54.76
40-44	17.69	15.50	28.96	26.02	53.35	58.48
45-49	16.89	15.05	27.42	24.91	55.69	60.04
50-54	17.54	14.85	24.51	22.02	57.95	63.13
55-59	15.85	14.12	20.95	20.79	63.21	65.09
60-64	15.28	14.44	19.13	19.92	65.59	65.64
65-69	16.15	14.59	17.80	20.05	66.05	65.37
70-74	15.39	14.24	17.71	19.90	66.90	65.86
75-79	14.55	13.53	19.28	19.69	66.17	66.78
80 y más	12.06	13.26	30.40	26.26	57.54	60.48
Censo 1982						
Total	11.48	10.89	30.41	30.25	58.12	58.86
0- 4	11.52	11.23	34.67	34.45	53.81	54.33
5- 9	11.45	11.24	33.59	33.73	54.97	55.03
10-14	10.98	11.99	32.01	31.20	57.00	56.82
15-19	9.53	10.21	27.67	29.55	62.80	60.24
20-24	9.18	9.61	26.86	29.16	63.96	61.23
25-29	11.20	10.86	31.95	33.53	56.84	55.61
30-34	11.77	11.01	34.56	33.71	53.67	55.29
35-39	13.00	10.93	34.38	32.04	52.62	57.03
40-44	13.28	10.78	30.50	29.59	56.22	59.63
45-49	13.79	11.31	28.51	26.99	57.70	61.70
50-54	15.12	11.46	25.94	23.26	58.94	65.27
55-59	14.02	11.01	24.14	21.93	61.84	67.06
60-64	11.83	10.31	21.59	20.09	66.58	69.60
65-69	9.93	10.32	20.29	20.64	69.77	69.04
70-74	11.41	10.48	16.77	18.24	71.82	71.28
75-79	12.20	10.75	19.84	18.60	67.95	70.65
80 y más	11.72	10.66	20.08	17.92	68.20	71.42

Tabla 3**II Región: Población total proyectada por sexo, según grupos de edad 1980-2000**

Grupos de edad	1980		1985		1990	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Total	170.748	167.355	183.548	179.781	196.852	192.695
0- 4	19.614	19.528	20.563	19.805	21.177	20.390
5- 9	20.613	20.502	19.375	19.263	20.369	19.572
10-14	18.341	18.279	20.389	20.251	19.210	19.042
15-19	17.364	16.781	17.828	17.283	19.983	19.371
20-24	17.520	16.640	16.749	15.682	17.337	16.315
25-29	16.846	15.192	16.973	16.037	16.316	15.155
30-34	13.165	12.175	16.425	14.845	16.614	15.726
35-39	10.620	10.007	12.864	11.946	16.107	14.624
40-44	8.149	7.914	10.325	9.813	12.541	11.749
45-49	7.563	7.174	7.843	7.728	9.960	9.610
50-54	6.351	6.331	7.151	6.953	7.422	7.503
55-59	4.911	4.956	5.863	6.069	6.607	6.675
60-64	3.529	3.730	4.349	4.685	5.197	5.748
65-69	2.503	2.947	2.923	3.418	3.604	4.302
70-74	1.719	2.357	1.891	2.544	2.209	2.957
75-79	1.068	1.532	1.130	1.880	1.245	2.031
80 y más	872	1.310	907	1.579	954	1.925

Grupos de edad	1995		2000	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Total	209.948	205.539	222.357	218.008
0- 4	21.556	20.745	21.729	20.917
5- 9	20.990	20.159	21.370	20.521
10-14	20.201	19.360	20.822	19.955
15-19	18.819	18.174	19.810	18.506
20-24	19.504	18.423	18.351	17.252
25-29	16.921	15.807	19.079	17.935
30-34	15.977	14.859	16.584	15.524
35-39	16.305	15.510	15.683	14.658
40-44	15.724	14.410	15.929	15.300
45-49	12.116	11.525	15.212	14.163
50-54	9.439	9.347	11.509	11.235
55-59	6.865	7.210	8.755	9.008
60-64	5.866	6.330	6.113	6.852
65-69	4.324	5.285	4.908	5.841
70-74	2.742	3.734	3.317	4.615
75-79	1.473	2.374	1.849	3.022
80 y más	1.126	2.287	1.337	2.704

Tabla 4**II Región: Parámetros de la fecundidad y de la mortalidad proyectados 1980-2000**

Parámetros	1980-1985	1985-1990	1990-1995	1995-2000
Nacimientos	41.862	42.782	43.479	43.773
Indice de masculinidad al nacimiento	1.04			
Tasa global de fecundidad	2.784.1	2.718.4	2.648.0	2.587.9
Estructura de la fecundidad				
15-19 años	0.145			
20-24 años	0.310			
25-29 años	0.263			
30-34 años	0.172			
35-39 años	0.083			
40-44 años	0.025			
45-49 años	0.002			
Relaciones de sobrevivencia al nacimiento				
Hombres	0.97103	0.97690	0.97750	0.97905
Mujeres	0.97489	0.98065	0.98133	0.98280

NOTA: La estructura de la fecundidad que se utiliza, corresponde exclusivamente a la observada para el período 1980-1985 de la proyección.

Tabla 5
Cálculo de los factores K de la
provincia de Tocopilla

Grupos de edad	Hombres	Mujeres
0- 4	0.742457	0.764231
5- 9	0.742457	0.764231
10-14	0.612668	0.660100
15-19	0.593837	0.604451
20-24	0.990082	0.807309
25-29	1.017302	0.879705
30-34	0.886815	0.802683
35-39	0.907569	0.730366
40-44	0.881578	0.720088
45-49	0.854964	0.739777
50-54	0.829958	0.731836
55-59	0.674684	0.694284
60-64	0.626776	0.731093
65-69	0.747085	0.725757
70-74	0.755703	0.736638
75-79	0.761709	0.748294
80 y más		

a) Cálculo de las relaciones entre las proporciones de la cohorte de 5-9 años en 1970 y de 15-19 años en 1982:

$${}_5K_{10} = 9.53/15.55 \\ = 0.612668$$

$${}_5K_0 = {}_5K_5$$

K_{80} y + no se calcula

FUENTE: Tabla 2

Grupos de edad	Hombres	Mujeres
0- 4	0.742457	0.764231
5- 9	0.677563	0.712165
10-14	0.603252	0.632275
15-19	0.791959	0.705880
20-24	1.003692	0.843507
25-29	0.952059	0.841194
30-34	0.897192	0.766524
35-39	0.894574	0.725227
40-44	0.868271	0.729932
45-49	0.842461	0.735806
50-54	0.752321	0.713060
55-59	0.650730	0.712689
60-64	0.686931	0.728425
65-69	0.751394	0.731198
70-74	0.758706	0.742466
75-79	0.380854	0.374147
80 y más		

b) Estimación del factor K a principios del quinquenio:

$$0.5 * ({}_5K_x + {}_5K_{x+5})$$

$${}_5K_{10} = 0.5 * (0.612668 + 0.593837) = 0.603252$$

Tabla 5 (conclusión)
Cálculo de los factores K de la
provincia de Tocopilla

Grupos de edad	Hombres	Mujeres
0- 4	0.883222	0.893932
5- 9	0.850170	0.868013
10-14	0.809968	0.825996
15-19	0.907317	0.864810
20-24	0.001538	0.931492
25-29	0.979721	0.930426
30-34	0.955769	0.895050
35-39	0.954605	0.874616
40-44	0.942799	0.876978
45-49	0.931010	0.879914
50-54	0.888096	0.868467
55-59	0.835965	0.868279
60-64	0.855052	0.876223
65-69	0.887640	0.877612
70-74	0.891232	0.883226
75-79	0.668615	0.663679
80 y más		

c) Reducción de los factores K decenales a quinquenales:

$${}_5K_{10} = [0.603252]^{5/12}$$

$$= 0.809968$$

Grupos de edad	Hombres	Mujeres
0- 4	0.883222	0.893932
5- 9	0.850170	0.868013
10-14	0.809968	0.825996
15-19	0.907317	0.864810
20-24	0.001538	0.965138
25-29	0.979721	0.964585
30-34	0.955769	0.946071
35-39	0.954605	0.935209
40-44	0.942799	0.936471
45-49	0.931010	0.938037
50-54	0.888096	0.868467
55-59	0.877975	0.868279
60-64	0.877975	0.879020
65-69	0.877975	0.879020
70-74	0.877975	0.879020
75-79	0.877975	0.879020
80 y más	0.877975	0.879020

d) Reducción de los factores K de las edades avanzadas y de los nacimientos (Kb):

$$[{}_5K_{60} + {}_5K_{65} + {}_5K_{70}] / 3$$

$$= 0.877975$$

El factor de los nacimientos se calcula como:

$$K_b = [{}_5K_0]^{0.5}$$

$$= [0.883222]^{0.5}$$

$$= 0.939799$$

Tabla 6
Cálculo de los factores K de la provincia de El Loa

Grupos de edad	(a)		(b)	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Nac/0-4				
0- 4	0.987663	0.975303	0.987663	0.975303
5- 9	0.987663	0.975303	0.920067	0.945868
10-14	0.852472	0.916433	0.893831	0.968916
15-19	0.935191	1.021400	1.042508	1.146445
20-24	1.149824	1.271491	1.199542	1.218225
25-29	1.249261	1.164960	1.141060	1.080286
30-34	1.032859	0.995612	0.989232	0.961880
35-39	0.945605	0.928148	0.934553	0.921051
40-44	0.923501	0.913953	0.909483	0.903935
45-49	0.895465	0.893916	0.887977	0.887177
50-54	0.880490	0.880439	0.880697	0.896281
55-59	0.880904	0.912124	0.924808	0.952420
60-64	0.968712	0.992715	0.922524	0.954138
65-69	0.876336	0.915561	0.995632	0.921793
70-74	1.114929	0.928025	1.124449	0.914392
75-79	1.133970	0.900759	0.566985	0.450379
80 y más				

Grupos de edad	(c)		(d)	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Nac/0-4			0.997415	0.994800
0- 4	0.994836	0.989626	0.994836	0.989626
5- 9	0.965857	0.977060	0.965857	0.977060
10-14	0.954275	0.986918	0.954275	0.986918
15-19	1.017511	1.058645	1.017511	1.058645
20-24	1.078821	1.085796	1.078821	1.085796
25-29	1.056568	1.032727	1.056568	1.032727
30-34	0.995495	0.983924	0.995495	0.983924
35-39	0.972169	0.966287	0.972169	0.966287
40-44	0.961208	0.958758	0.961208	0.958758
45-49	0.951664	0.951306	0.951664	0.951306
50-54	0.948402	0.955365	0.948402	0.955365
55-59	0.967929	0.979876	0.967929	0.979876
60-64	0.966931	0.980613	1.005078	0.970198
65-69	0.998176	0.966612	1.005078	0.970198
70-74	1.050127	0.963368	1.005078	0.970198
75-79	0.789294	0.717038	1.005078	0.970198
80 y más			1.005078	0.970198

(a), (b), (c) y (d) ídem. tabla 5

Tabla 7
Cálculo de los factores K de la provincia de Antofagasta

Grupos de edad	(a)		(b)	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Nac/0-4				
0- 4	1.079726	1.085770	1.079726	1.085770
5- 9	1.079726	1.085770	1.143858	1.118900
10-14	1.207989	1.152030	1.176917	1.127135
15-19	1.145846	1.102241	1.039655	1.013182
20-24	0.933465	0.924122	0.908350	0.934158
25-29	0.883234	0.944194	0.947044	0.998177
30-34	1.010855	1.052160	1.034673	1.084817
35-39	1.058491	1.117474	1.068638	1.122073
40-44	1.078785	1.126671	1.091817	1.121417
45-49	1.104848	1.116162	1.107622	1.116486
50-54	1.110396	1.116811	1.129614	1.109695
55-59	1.148832	1.102580	1.126387	1.081616
60-64	1.103941	1.060652	1.099465	1.073295
65-69	1.094989	1.085937	1.061874	1.083390
70-74	1.028760	1.080843	1.024057	1.082631
75-79	1.019354	1.084420	0.509677	0.542210
80 y más				

Grupos de edad	(c)		(d)	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Nac/0-4				
0- 4	1.032504	1.034910	1.016122	1.017305
5- 9	1.057648	1.047963	1.032504	1.034910
10-14	1.070289	1.051172	1.057648	1.047963
15-19	1.016349	1.005476	1.070289	1.051172
20-24	0.960708	0.971998	1.016349	1.005476
25-29	0.977566	0.999239	0.960708	0.971998
30-34	1.014315	1.034531	0.977566	0.999239
35-39	1.028069	1.049201	1.014315	1.034531
40-44	1.037309	1.048945	1.028069	1.049201
45-49	1.043545	1.047019	1.037309	1.048945
50-54	1.052136	1.044359	1.043545	1.047019
55-59	1.050881	1.033257	1.052136	1.044359
60-64	1.040333	1.029935	1.050881	1.033257
65-69	1.025351	1.033963	1.025215	1.032520
70-74	1.009962	1.033661	1.025215	1.032520
75-79	0.754991	0.774725	1.025215	1.032520
80 y más			1.025215	1.032520

Tabla 8
**II Región: Cálculo de los índices de crecimiento (CR) de la
Proyección Regional
1980-2000**

Grupos de edad	1980-1985		1985-1990	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
0- 4	0.987814	0.986429	0.990565	0.988235
5- 9	0.989133	0.987757	0.991483	0.988527
10-14	0.972029	0.945511	0.980087	0.956545
15-19	0.964581	0.934509	0.972459	0.943991
20-24	0.968778	0.963762	0.974147	0.966394
25-29	0.975008	0.977159	0.978848	0.980607
30-34	0.977136	0.981190	0.980639	0.985112
35-39	0.972222	0.980613	0.974891	0.983509
40-44	0.962449	0.976497	0.964648	0.979313
45-49	0.945524	0.969194	0.946321	0.970885
50-54	0.923161	0.958616	0.923926	0.960017
55-59	0.885563	0.945318	0.886406	0.947108
60-64	0.828279	0.916353	0.828696	0.918249
65-69	0.755493	0.863250	0.755730	0.865125
70-74	0.657358	0.797624	0.658381	0.798349
75 y más	0.467525	0.555594	0.468335	0.556519

Grupos de edad	1990-1995		1995-2000	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
0- 4	0.991169	0.988670	0.991371	0.989202
5- 9	0.991752	0.989168	0.991996	0.989880
10-14	0.979646	0.954416	0.980644	0.955888
15-19	0.976029	0.951060	0.975131	0.949268
20-24	0.976005	0.968863	0.978209	0.973511
25-29	0.979222	0.980468	0.980083	0.982096
30-34	0.981401	0.986264	0.981598	0.986472
35-39	0.976221	0.985366	0.976939	0.986460
40-44	0.966111	0.980934	0.967438	0.982859
45-49	0.947690	0.972632	0.949900	0.974837
50-54	0.924952	0.960948	0.927534	0.963731
55-59	0.887846	0.948314	0.890458	0.950346
60-64	0.832018	0.919450	0.836685	0.922748
65-69	0.760821	0.867968	0.767113	0.873226
70-74	0.666817	0.802840	0.674325	0.809319
75 y más	0.512050	0.578109	0.514428	0.580133

CR (0-4) = (Población de 5-9 años en 1985) / (Población de 0-4 años en 1980)
= 19375/19614 = 0.987814

FUENTE: Tabla 3

Tabla 9
Estimación de la fecundidad

a) Cálculo de los Índices Diferenciales de Fecundidad (IDF)

Región y provincia	Población 1982		Relación niños/ mujeres	Índice de fecundidad diferencial
	Total 0-4	Femenina 15-39		
Total	38.854	73.915	0.525657	-
Tocopilla	4.419	7.714	0.572854	1.089785
El Loa	13.427	23.170	0.579499	1.102426
Antofagasta	21.008	43.031	0.488206	0.928752

IDF (Tocopilla) = $0.572854/0.525657 = 1.089785$

FUENTE: Tabla 1

b) Cálculo de las tasas globales de fecundidad y específicas de fecundidad por edad:

Grupos de edad	1980-1985	1985-1990	1990-1995	1995-2000
Tocopilla				
TGF	3.034.1	2.962.5	2.885.8	2.820.3
15-19	88.0	85.9	83.7	81.8
20-24	188.1	183.7	178.9	174.9
25-29	159.6	155.8	151.8	148.3
30-34	104.4	101.9	99.3	97.0
35-39	50.4	49.2	47.9	46.8
40-44	15.2	14.8	14.4	14.1
45-49	1.2	1.2	1.2	1.1
El Loa				
TGF	3.069.3	2.996.8	2.919.2	2.853.0
15-19	89.0	86.9	84.7	82.7
20-24	190.3	185.8	181.0	176.9
25-29	161.4	157.6	153.6	150.1
30-34	105.6	103.1	100.4	98.1
35-39	50.9	49.7	48.5	47.4
40-44	15.3	15.0	14.6	14.3
45-49	1.2	1.2	1.2	1.1
Antofagasta				
TGF	2.585.7	2.524.7	2.459.3	2.403.5
15-19	75.0	73.2	71.3	69.7
20-24	160.3	156.5	152.5	149.0
25-29	136.0	132.8	129.4	126.4
30-34	88.9	86.9	84.6	82.7
35-39	42.9	41.9	40.8	39.9
40-44	12.9	12.6	12.3	12.0
45-49	1.0	1.0	1.0	1.0

TFG (Tocopilla) = $2784.1 \cdot 1.089785 = 3034.1$

f 25-29 (Tocopilla) = $3034.1 \cdot 0.263/5 = 159.6$

FUENTE: Tabla 4

Tabla 10

II Región: Población total estimada al 30 de Junio de 1980 por provincia y sexo, según grupos de edad

Grupos de edad	Total		Tocopilla		El Loa		Antofagasta	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Total	170.748	167.355	20.363	19.094	51.630	50.236	98.755	98.025
0- 4	19.614	19.528	2.350	2.292	6.739	6.666	10.525	10.570
5- 9	20.613	20.502	2.454	2.409	6.861	6.852	11.298	11.241
10-14	18.341	18.279	2.095	2.289	5.820	5.648	10.426	10.342
15-19	17.364	16.781	1.722	1.792	4.764	4.914	10.878	10.075
20-24	17.520	16.640	1.674	1.674	4.666	4.810	11.180	10.156
25-29	16.846	15.192	1.963	1.726	5.335	5.047	9.548	8.419
30-34	13.165	12.175	1.612	1.402	4.509	4.066	7.044	6.707
35-39	10.620	10.007	1.435	1.144	3.616	3.177	5.569	5.686
40-44	8.149	7.914	1.125	892	2.460	2.320	4.564	4.702
45-49	7.563	7.174	1.083	848	2.134	1.918	4.346	4.408
50-54	6.351	6.331	997	759	1.629	1.458	3.725	4.114
55-59	4.911	4.956	715	571	1.173	1.076	3.023	3.309
60-64	3.529	3.730	434	402	754	742	2.341	2.586
65-69	2.503	2.947	259	318	503	603	1.741	2.026
70-74	1.719	2.357	204	258	285	426	1.230	1.673
75-79	1.068	1.532	135	172	210	282	723	1.078
80 y más	872	1.310	106	146	174	232	592	932

Tabla 11

Proyección de la población femenina de la provincia de Tocopilla

Grupos de edad	Población			Nacimien- tos 1980-1985
	Inicial 1980	Proyec- tada 1985	Femenina media	
Total	19.094	18.216		4.694
0- 4	2.292	2.120		
5- 9	2.409	2.021		
10-14	2.289	2.065		
15-19	1.792	1.788	1.790	787
20-24	1.674	1.448	1.561	1.468
25-29	1.726	1.503	1.614	1.288
30-34	1.402	1.569	1.486	775
35-39	1.144	1.231	1.188	299
40-44	892	981	937	71
45-49	848	764	806	5
50-54	759	723		
55-59	571	632		
60-64	402	469		
65-69	318	324		
70-74	258	241		
75-79	172	181		
80 y más	146	155		

a) Proyección de la población de 5 años y más:

$$1674 * 0.963762^*$$

$$0.931492 = 1503$$

$$(172 + 146) * 0.555594^*$$

$$0.879020 = 155$$

FUENTE: Tablas 5, 8 y 10

b) Cálculo de la población de 0-4 años:
- Población femenina media:
 $(1726 + 1503)/2 = 1614$

- Cálculo de los nacimientos
1614 * (0.1596 * 5) = 1288

- Población de 0-4 años:
 $694 * 0.490 * 0.97489^*$
 $0.945480 = 2120$

FUENTE: Tablas 4 y 5

Tabla 11 (conclusión)**Proyección de la población femenina de la provincia de Tocopilla**

Grupos de edad	Población		Nacimien- tos 1985-1990	Población		Nacimien- tos 1995-2000	Población Proyec- tada 2000
	Proyec- tada 1990	Femeni- na media		Proyec- tada 1985	Femeni- na media		
Total	17.352		4.314	16.461		3.908	15.521
0- 4	1.960			1.776			1.587
5- 9	1.873			1.732			1.572
10-14	1.734			1.608			1.488
15-19	1.632	1.710	734	1.367	1.500	627	1.270
20-24	1.459	1.454	1.335	1.342	1.401	1253	1.122
25-29	1.304	1.403	1.093	1.317	1.310	995	1.217
30-34	1.371	1.470	749	1.189	1.280	635	1.217
35-39	1.384	1.307	321	1.210	1.297	311	1.050
40-44	1.059	1.020	76	1.192	1.126	81	1.044
45-49	843	803	5	911	877	5	1.028
50-54	653			721			782
55-59	603			545			604
60-64	520			496			449
65-69	378			420			403
70-74	246			289			322
75-79	169			174			205
80 y más	164			170			175

Tabla 12**Proyección de la población masculina de Tocopilla**

Grupos de edad	1980	1985	1990	1995	2000
Total	20.363	19.817	19.221	18.536	17.720
0- 4	2.350	2.185	2.020	1.831	1.636
5- 9	2.454	2.050	1.911	1.768	1.603
10-14	2.095	2.064	1.728	1.612	1.491
15-19	1.722	1.649	1.638	1.371	1.280
20-24	1.674	1.507	1.455	1.451	1.213
25-29	1.963	1.624	1.470	1.423	1.421
30-34	1.612	1.875	1.558	1.411	1.366
35-39	1.435	1.505	1.757	1.461	1.323
40-44	1.125	1.332	1.401	1.638	1.363
45-49	1.083	1.021	1.211	1.276	1.494
50-54	997	953	899	1.069	1.129
55-59	715	817	782	739	880
60-64	434	529	606	581	550
65-69	259	616	385	442	427
70-74	204	172	209	257	298
75-79	135	118	99	123	152
80 y más	106	99	89	85	94

Ejemplos: $4694 \cdot 0.510 \cdot 0.97103 \cdot 0.939799 = 2185$ $1674 \cdot 0.968778 \cdot 1.001538 = 1624$

Tabla 13
Ajuste mediante Prorratio de las poblaciones provinciales

Grupos de edad	Suma de provincias				Factor de prorratio			
	1985		1990		1985		1990	
	Hom- bres	Muje- res	Hom- bres	Muje- res	Hom- bres	Muje- res	Hom- bres	Muje- res
Total	184.066	180.523	198.117	194.540	1.002821	1.004125	1.006426	1.009575
0- 4	20.809	20.080	21.463	20.707	1.011982	1.013903	1.013518	1.015535
5- 9	19.407	19.319	20.693	19.934	1.001676	1.002905	1.015918	1.018479
10-14	20.438	20.314	19.327	19.198	1.002395	1.003122	1.006091	1.008175
15-19	17.895	17.337	20.167	19.575	1.003740	1.003121	1.009208	1.010507
20-24	16.847	15.776	17.518	16.483	1.005855	1.006024	1.010415	1.010278
25-29	16.906	16.050	16.365	15.297	0.996065	1.000818	1.002980	1.009390
30-34	16.472	14.883	16.558	15.791	1.002837	1.002546	0.996625	1.004119
35-39	12.873	11.965	16.175	14.698	1.000700	1.001568	1.004212	1.005059
40-44	10.316	9.842	12.555	11.815	0.999109	1.002919	1.001133	1.005607
45-49	7.853	7.752	9.950	9.679	1.001289	1.003124	0.999004	1.007146
50-54	7.162	6.965	7.449	7.555	1.001505	1.001677	1.003582	1.006872
55-59	5.862	6.086	6.633	6.710	0.999777	1.002777	1.003995	1.005182
60-64	4.348	4.697	5.200	5.789	0.999778	1.002660	1.000505	1.007205
65-69	2.931	3.430	3.613	4.331	1.002805	1.003579	1.002412	1.006652
70-74	1.902	2.552	2.226	2.986	1.005933	1.003204	1.007869	1.009645
75-79	1.135	1.888	1.262	2.049	1.004403	1.004454	1.013854	1.008897
80 y más	910	1.585	963	1.946	1.002938	1.004073	1.009755	1.011088
Grupos de edad	Suma de provincias				Factor de prorratio			
	1995		2000		1995		2000	
	Hom- bres	Muje- res	Hom- bres	Muje- res	Hom- bres	Muje- res	Hom- bres	Muje- res
Total	212.401	208.982	226.487	223.546	1.011682	1.016749	1.018574	1.025402
0- 4	21.979	21.199	22.369	21.576	1.019639	1.021884	1.029440	1.031522
5- 9	21.384	20.588	21.930	21.112	1.018791	1.021305	1.026206	1.028793
10-14	20.671	19.858	21.394	20.550	1.023262	1.025737	1.027482	1.029830
15-19	19.103	18.502	20.516	19.208	1.015088	1.018051	1.035657	1.037943
20-24	19.838	18.816	18.793	17.776	1.017126	1.021325	1.024104	1.030364
25-29	17.099	16.046	19.405	18.448	1.010534	1.015102	1.017068	1.028599
30-34	16.048	15.067	16.821	15.840	1.004467	1.013975	1.014306	1.020335
35-39	16.300	15.669	15.804	14.955	0.999690	1.010227	1.007689	1.020233
40-44	15.815	14.554	15.997	15.604	1.005763	1.010001	1.004275	1.019864
45-49	12.149	11.648	15.346	14.387	1.002701	1.010689	1.008800	1.015788
50-54	9.435	9.456	11.569	11.413	0.999587	1.011698	1.005237	1.015864
55-59	6.916	7.300	8.770	9.171	1.007382	1.012443	1.001719	1.018104
60-64	5.916	6.398	6.197	6.989	1.008508	1.010739	1.013785	1.020017
65-69	4.341	5.352	4.979	5.939	1.003832	1.012647	1.014401	1.016731
70-74	2.762	3.783	3.348	4.709	1.007275	1.013028	1.009312	1.020345
75-79	1.495	2.417	1.875	3.087	1.014979	1.018027	1.014158	1.021626
80 y más	1.150	2.329	1.374	2.782	1.021078	1.018532	1.027361	1.028923

Tabla 14

Población total y distribución relativa por provincia y sexo, según grupos de edad 1985

Grupos de edad	Tocopilla		El Loa		Antofagasta	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Población						
Total	19.764	18.141	56.418	55.003	107.366	106.637
0- 4	2.159	2.091	7.065	6.784	11.339	10.929
5- 9	2.047	2.015	6.611	6.488	10.717	10.759
10-14	2.059	2.059	6.539	6.592	11.791	11.600
15-19	1.643	1.782	5.378	5.254	10.806	10.247
20-24	1.498	1.440	4.649	4.832	10.602	9.410
25-29	1.631	1.502	4.896	5.029	10.446	9.506
30-34	1.870	1.565	5.480	5.080	9.075	8.200
35-39	1.504	1.229	4.383	3.919	6.977	6.797
40-44	1.333	978	3.421	3.002	5.571	5.833
45-49	1.020	762	2.273	2.165	4.551	4.801
50-54	952	722	1.917	1.765	4.282	4.466
55-59	818	630	1.427	1.332	3.619	4.107
60-64	529	467	1.006	994	2.814	3.224
65-69	315	323	626	657	1.982	2.438
70-74	171	241	380	503	1.341	1.800
75-79	117	180	187	328	825	1.372
80 y más	99	155	180	276	628	1.148
Distribución relativa						
0- 4	10.50	10.56	34.36	34.26	55.14	55.19
5- 9	10.56	10.46	34.12	33.68	55.31	55.85
10-14	10.10	10.17	32.07	32.55	57.83	57.28
15-19	9.22	10.31	30.17	30.40	60.61	59.29
20-24	8.95	9.18	27.75	30.81	63.30	60.01
25-29	9.61	9.36	28.85	31.36	61.55	59.28
30-34	11.38	10.54	33.37	34.22	55.25	55.23
35-39	11.69	10.29	34.07	32.81	54.23	56.90
40-44	12.91	9.97	33.13	30.59	53.96	59.44
45-49	13.00	9.85	28.98	28.02	58.02	62.13
50-54	13.31	10.38	26.81	25.39	59.88	64.23
55-59	13.94	10.38	24.33	21.94	61.72	67.68
60-64	12.71	9.98	23.12	21.22	64.70	68.81
65-69	10.77	9.44	21.41	19.23	67.82	71.33
70-74	9.03	9.45	20.08	19.79	70.89	70.76
75-79	10.37	9.58	16.59	17.46	73.04	72.96
80 y más	10.87	9.80	19.84	17.48	69.29	72.73

2185/1.011982 = 2159; 2159/20563 = 10.5%

Tabla 14A

**Población total y distribución relativa por provincias y sexo,
según grupos de edad
1990**

Grupos de edad	Tocopilla		El Loa		Antofagasta	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Población						
Total	19.106	17.186	61.349	59.920	116.398	115.588
0- 4	1.993	1.930	7.451	7.153	11.733	11.307
5-9	1.881	1.839	6.936	6.605	11.552	11.128
10-14	1.718	1.720	6.304	6.234	11.189	11.088
15-19	1.623	1.615	6.075	6.178	12.285	11.578
20-24	1.440	1.445	5.287	5.213	10.610	9.657
25-29	1.466	1.292	4.899	5.054	9.951	8.810
30-34	1.563	1.366	5.061	5.076	9.991	9.284
35-39	1.750	1.377	5.343	4.912	9.014	8.336
40-44	1.399	1.053	4.152	3.710	6.989	6.986
45-49	1.212	837	3.172	2.806	5.575	5.967
50-54	896	648	2.042	1.992	4.484	4.862
55-59	779	600	1.676	1.614	4.152	4.462
60-64	605	516	1.223	1.230	3.369	4.002
65-69	384	376	835	882	2.384	3.044
70-74	208	244	473	548	1.528	2.165
75-79	98	168	249	388	898	1.475
80 y más	88	163	172	324	694	1.438
Distribución relativa						
0- 4	9.41	9.46	35.18	35.08	55.41	55.45
5- 9	9.24	9.40	34.05	33.75	56.71	56.86
10-14	8.94	9.03	32.81	32.74	58.24	58.23
15-19	8.12	8.34	30.40	31.89	61.48	59.77
20-24	8.31	8.85	30.49	31.95	61.20	59.19
25-29	8.98	8.52	30.03	33.35	60.99	58.13
30-34	9.41	8.68	30.46	32.28	60.13	59.04
35-39	10.87	9.41	33.17	33.59	55.96	57.00
40-44	11.16	8.96	33.11	31.57	55.73	59.46
45-49	12.17	8.71	31.85	29.20	55.98	62.09
50-54	12.07	8.64	27.52	26.56	60.41	64.81
55-59	11.79	8.99	25.37	24.17	62.84	66.84
60-64	11.65	8.98	23.53	21.40	64.82	69.62
65-69	10.66	8.74	23.18	20.50	66.16	70.76
70-74	9.41	8.25	21.41	18.55	69.18	73.21
75-79	7.87	8.26	20.02	19.09	72.11	72.65
80 y más	9.25	8.45	18.02	16.83	72.73	74.72

Tabla 14B

**Población total y distribución relativa por provincias y sexo,
según grupos de edad
1995**

Grupos de edad	Tocopilla		El Loa		Antofagasta	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Población						
Total	18.337	16.189	66.260	64.869	125.351	124.481
0- 4	1.796	1.738	7.798	7.483	11.962	11.523
5- 9	1.736	1.696	7.309	6.959	11.946	11.504
10-14	1.575	1.568	6.596	6.339	12.030	11.453
15-19	1.351	1.343	5.841	5.815	11.627	11.016
20-24	1.426	1.314	5.986	6.154	12.092	10.955
25-29	1.408	1.298	5.566	5.458	9.947	9.051
30-34	1.404	1.173	5.061	5.094	9.511	8.592
35-39	1.462	1.198	4.929	4.896	9.915	9.415
40-44	1.628	1.181	5.063	4.654	9.033	8.576
45-49	1.273	901	3.850	3.471	6.993	7.152
50-54	1.069	713	2.859	2.585	5.511	6.049
55-59	733	538	1.785	1.819	4.347	4.853
60-64	576	491	1.434	1.491	3.857	4.348
65-69	441	415	1.019	1.092	2.864	3.779
70-74	255	285	636	738	1.851	2.711
75-79	121	171	315	424	1.037	1.780
80 y más	83	167	215	396	828	1.725
Distribución relativa						
0- 4	8.33	8.38	36.18	36.07	55.49	55.55
5- 9	8.27	8.41	34.82	34.52	56.91	57.07
10-14	7.80	8.10	32.65	32.74	59.55	59.16
15-19	7.18	7.39	31.04	32.00	61.79	60.61
20-24	7.31	7.13	30.69	33.40	62.00	59.46
25-29	8.32	8.21	32.89	34.53	58.79	57.26
30-34	8.79	7.89	31.68	34.28	59.53	57.82
35-39	8.96	7.72	30.23	31.57	60.81	60.71
40-44	10.36	8.19	32.20	32.30	57.45	59.51
45-49	10.50	7.82	31.78	30.12	57.72	62.06
50-54	11.33	7.63	30.29	27.66	58.38	64.72
55-59	10.68	7.46	26.00	25.23	63.32	67.31
60-64	9.81	7.76	24.44	23.56	65.74	68.68
65-69	10.19	7.85	23.58	20.66	66.23	71.50
70-74	9.31	7.63	23.19	19.77	67.50	72.60
75-79	8.20	7.19	21.37	17.85	70.43	74.96
80 y más	7.37	7.28	19.08	17.31	73.55	75.41

Tabla 14C**Población total y distribución relativa por provincias y sexo,
según grupos de edad – 2000**

Grupos de edad	Tocopilla		El Loa		Antofagasta	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Población						
Total	17.420	15.137	71.019	69.762	133.918	133.109
0- 4	1.589	1.539	8.059	7.737	12.081	11.642
5- 9	1.562	1.527	7.642	7.277	12.166	11.717
10-14	1.451	1.445	6.943	6.675	12.427	11.835
15-19	1.236	1.223	6.099	5.909	12.475	11.373
20-24	1.185	1.089	5.744	5.774	11.422	10.389
25-29	1.397	1.183	6.317	6.459	11.364	10.293
30-34	1.347	1.180	5.742	5.508	9.495	8.837
35-39	1.313	1.029	4.930	4.914	9.440	8.715
40-44	1.357	1.024	4.660	4.623	9.912	9.653
45-49	1.481	1.012	4.694	4.360	9.037	8.791
50-54	1.123	769	3.471	3.203	6.915	7.263
55-59	879	593	2.510	2.365	5.366	6.050
60-64	542	441	1.529	1.681	4.042	4.730
65-69	420	396	1.199	1.327	3.289	4.118
70-74	295	316	782	918	2.240	3.381
75-79	150	201	428	575	1.271	2.246
80 y más	91	170	271	456	975	2.077
Distribución Relativa						
0- 4	7.31	7.36	37.09	36.99	55.60	55.66
5- 9	7.31	7.44	35.76	35.46	56.93	57.10
10-14	6.97	7.24	33.35	33.45	59.68	59.31
15-19	6.24	6.61	30.78	31.93	62.98	61.46
20-24	6.46	6.31	31.30	33.47	62.24	60.22
25-29	7.32	6.60	33.11	36.01	59.56	57.39
30-34	8.12	7.60	34.63	35.48	57.25	56.92
35-39	8.37	7.02	31.44	33.52	60.19	59.45
40-44	8.52	6.69	29.25	30.22	62.23	63.09
45-49	9.73	7.14	30.86	30.79	59.41	62.07
50-54	9.75	6.85	30.16	28.51	60.08	64.64
55-59	10.04	6.58	28.67	26.26	61.29	67.16
60-64	8.87	6.43	25.00	24.54	66.12	69.03
65-69	8.57	6.78	24.42	22.72	67.01	70.50
70-74	8.90	6.85	23.57	19.89	67.53	73.27
75-79	8.12	6.65	23.15	19.02	68.73	74.33
80 y más	6.82	6.29	20.29	16.88	72.90	76.83

Tabla 15

**Población total, crecimiento y nacimientos por provincias,
según períodos 1970-2000**

Período	Región		Tocopilla		El Loa		Antofagasta	
	Población	%	Población	%	Población	%	Población	%
Población total								
1970	251.976	100.00	37.123	14.73	72.800	28.89	142.053	56.38
1982	341.702	100.00	38.224	11.19	103.633	30.33	199.845	58.49
1980	338.103	100.00	39.457	11.67	101.866	30.13	196.780	58.20
1985	363.329	100.00	37.904	10.43	111.421	30.67	214.003	58.90
1990	389.547	100.00	36.292	9.32	121.269	31.13	231.986	59.55
1995	415.487	100.00	34.526	8.31	131.129	31.56	249.832	60.13
2000	440.365	100.00	32.557	7.39	140.781	31.97	267.027	60.64
Crecimiento								
1980-1985	25.226	7.46	-1.533	-3.94	9.555	9.38	17.223	8.75
1985-1990	26.218	7.22	-1.612	-4.25	9.848	8.84	17.983	8.40
1990-1995	25.940	6.66	-1.766	-4.87	9.860	8.13	17.846	7.69
1995-2000	24.878	5.99	-1.969	-5.70	9.652	7.36	17.195	6.88
Nacimientos								
1980-1985	41.862	100.00	4.682	11.18	14.437	34.49	22.743	54.33
1985-1990	42.782	100.00	4.292	10.03	15.119	35.34	23.371	54.63
1990-1995	43.479	100.00	3.864	8.89	15.810	36.36	23.805	54.75
1995-2000	43.773	100.00	3.417	7.81	16.329	37.30	24.027	54.89

Tabla 16
Resultados definitivos con valores de K (Tocopilla) ajustados

Grupos de edad	Tocopilla		El Loa		Antofagasta	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
1985						
Total	19.807	18.472	56.404	54.889	107.337	106.420
0- 4	2.179	2.110	7.058	6.777	11.327	10.918
5- 9	2.047	2.015	6.611	6.488	10.717	10.759
10-14	2.059	2.059	6.539	6.592	11.791	11.600
15-19	1.643	1.782	5.378	5.254	10.806	10.247
20-24	1.498	1.440	4.649	4.832	10.602	9.410
25-29	1.631	1.551	4.896	5.012	10.446	9.474
30-34	1.870	1.616	5.480	5.061	9.075	8.168
35-39	1.504	1.292	4.383	3.896	6.977	6.758
40-44	1.333	1.039	3.421	2.981	5.571	5.793
45-49	1.020	808	2.273	2.151	4.551	4.769
50-54	952	764	1.917	1.753	4.282	4.435
55-59	818	630	1.427	1.332	3.619	4.107
60-64	553	467	1.000	994	2.797	3.224
65-69	315	323	626	657	1.982	2.438
70-74	171	241	380	503	1.341	1.800
75-79	117	180	187	328	825	1.372
80 y más	99	155	180	276	628	1.148
1990						
Total	19.214	17.849	61.312	59.694	116.325	115.152
0- 4	2.040	1.976	7.432	7.135	11.704	11.279
5- 9	1.899	1.856	6.929	6.599	11.541	11.117
10-14	1.718	1.720	6.304	6.234	11.189	11.088
15-19	1.623	1.615	6.075	6.178	12.285	11.578
20-24	1.440	1.445	5.287	5.213	10.610	9.657
25-29	1.466	1.334	4.899	5.038	9.951	8.783
30-34	1.563	1.457	5.061	5.044	9.991	9.225
35-39	1.750	1.495	5.343	4.868	9.014	8.261
40-44	1.399	1.177	4.152	3.667	6.989	6.905
45-49	1.212	944	3.172	2.772	5.575	5.894
50-54	896	729	2.042	1.969	4.484	4.805
55-59	779	636	1.676	1.604	4.152	4.435
60-64	632	516	1.216	1.230	3.349	4.002
65-69	401	376	831	882	2.372	3.044
70-74	208	244	473	548	1.528	2.165
75-79	98	168	249	388	898	1.475
80 y más	88	163	172	324	694	1.438

Tabla 16 (Conclusión)**Resultados definitivos con valores de K (Tocopilla) ajustados**

Grupos de edad	Tocopilla		El Loa		Antofagasta	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
1995						
Total	18.506	17.160	66.202	64.543	125.240	123.836
0- 4	1.851	1.792	7.776	7.462	11.929	11.491
5- 9	1.777	1.737	7.293	6.944	11.920	11.479
10-14	1.590	1.583	6.591	6.333	12.021	11.444
15-19	1.351	1.343	5.841	5.815	11.627	11.016
20-24	1.426	1.314	5.986	6.154	12.092	10.955
25-29	1.408	1.340	5.566	5.442	9.947	9.024
30-34	1.404	1.253	5.061	5.064	9.511	8.542
35-39	1.462	1.346	4.929	4.846	9.915	9.318
40-44	1.628	1.364	5.063	4.589	9.033	8.457
45-49	1.273	1.071	3.850	3.416	6.993	7.038
50-54	1.069	854	2.829	2.543	5.511	5.951
55-59	733	606	1.785	1.801	4.347	4.803
60-64	602	521	1.427	1.484	3.838	4.326
65-69	461	415	1.014	1.092	2.849	3.779
70-74	267	285	633	738	1.842	2.711
75-79	121	171	315	424	1.037	1.780
80 y más	83	167	215	396	828	1.725
2000						
Total	17.635	16.368	70.945	69.355	133.777	132.285
0- 4	1.644	1.592	8.037	7.715	12.048	11.609
5- 9	1.611	1.575	7.623	7.258	12.136	11.688
10-14	1.487	1.480	6.931	6.662	12.404	11.813
15-19	1.248	1.235	6.095	5.905	12.467	11.365
20-24	1.185	1.089	5.744	5.774	11.422	10.389
25-29	1.397	1.223	6.317	6.444	11.364	10.268
30-34	1.347	1.260	5.742	5.477	9.495	8.787
35-39	1.313	1.158	4.930	4.868	9.440	8.633
40-44	1.357	1.226	4.660	4.558	9.912	9.517
45-49	1.481	1.244	4.694	4.284	9.037	8.636
50-54	1.123	971	3.471	3.141	6.915	7.123
55-59	879	711	2.510	2.332	5.366	5.965
60-64	567	497	1.522	1.667	4.024	4.688
65-69	440	420	1.194	1.321	3.275	4.100
70-74	309	316	778	918	2.230	3.381
75-79	157	201	426	575	1.266	2.246
80 y más	91	170	271	456	975	2.077

Técnicas de proyecciones de población de áreas menores Aplicación y evaluación¹

_____ María del Pilar Granados²

Introducción

En América Latina, cada día en forma más insistente, y con propósitos de planeamiento económico, social, político y comercial, usuarios de los diferentes ámbitos del quehacer nacional, demandan conocer la población total y/o por edad y sexo, para determinar la capacidad potencial de consumidores, de mano de obra, de población estudiantil, etc., a nivel de divisiones administrativas intermedias y menores.

¹ El presente documento es un resumen de la investigación presentada por la autora, al Centro Latinoamericano de Demografía, CELADE, como Tesis de Grado del Programa de Maestría en Demografía 1985-86, cuya revisión y publicación se realizó dentro del Programa de Cooperación e Intercambio CELADE/CANADA.

² Investigadora en el área de Población del Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico, CEDE, Facultad de Economía, Universidad de los Andes.

Cuando los encargados de hacer estas proyecciones inician su trabajo, se enfrentan al gran dilema de cuál metodología, de todas las que se citan en la literatura, se debe utilizar.

En tal sentido, el objetivo central del trabajo es examinar algunas de las metodologías utilizadas con mayor frecuencia para proyectar la población total de cada área menor (ya sea a mediano o corto plazo), y decidir acerca de la o las metodologías más adecuadas para su posterior aplicación en los diferentes países latinoamericanos, al nivel geográfico mencionado.

Para evaluar la bondad de los métodos existentes, se empleó un procedimiento que requiere disponer de cuatro censos consecutivos; con los tres primeros se elaboraron las proyecciones de población a la fecha del último censo, la cual fué comparada con la población censada en esa fecha.

I. Metodologías empleadas para proyectar la población de áreas menores

1.1 Antecedentes

En la literatura existente sobre proyecciones de población se encuentra una diversidad de metodologías, unas más complejas que otras, entre las cuales se señalan los métodos demográficos, económicos, matemáticos, estadísticos y otros, los cuales requieren igualmente diferentes tipos de insumos.

Los métodos de extrapolación del crecimiento de la población, examinan la tendencia del crecimiento de la población y extrapolan esta tendencia, en forma gráfica, matemática o estadística.

Los métodos de extrapolación de proporciones, se diferencian de los anteriores en que aquí se extrapola una proporción, por lo cual se requiere disponer de la proyección del área mayor para estimar la población de cada una de estas subáreas, al multiplicar estos dos elementos.

Los métodos demográficos, se refieren, en general, a los métodos en los cuales se proyecta en forma independiente cada uno de los componentes del crecimiento de la población: fecundidad, mortalidad y migración.

En los métodos o modelos económicos, se establece una relación entre las variables económicas y la población, de tal manera que la estimación de esta última, se obtiene en forma derivada de la proyección de las variables económicas.

Existen otros métodos, entre los cuales se encuentran los modelos de densidad, donde precisamente lo que se proyecta es la densidad de población, y el número de personas se obtiene en forma derivada.

Si bien es cierto que en los países latinoamericanos es posible realizar, a nivel nacional, e incluso a nivel de las áreas administrativas mayores, las proyecciones de población por el método de los componentes, estimando y proyectando independientemente cada uno de los componentes del crecimiento de la población (fecundidad, mortalidad y migración), a nivel municipal o de las áreas administrativas menores, este tipo de proyección se complica debido a múltiples aspectos.

Por un lado, las estadísticas vitales normalmente no son muy confiables, tanto por la calidad de los registros como por las fluctuaciones aleatorias en los nacimientos y defunciones que se pueden presentar debido al tamaño de la población, lo cual llevaría a estimaciones erróneas de la mortalidad y la fecundidad.

Por otra parte, la migración interna cobra gran importancia en la determinación del crecimiento de las poblaciones menores, y es aquí donde surgen más problemas pues normalmente no se tienen estadísticas de migración interna, y aún cuando se contara con la información necesaria -por ejemplo de un censo- para estimar la migración interna de algún período, su proyección resultaría muy compleja, pues este componente puede presentar fluctuaciones muy repentinas, que dependen básicamente de las condiciones económicas y de las políticas de desarrollo del momento. Por lo tanto, para proyectarla, tendríamos que proyectar estas variables, lo que es también un problema, o hacer una serie de supuestos sobre el comportamiento de la migración, en cada una de las subáreas.

Adicionalmente existe otro inconveniente, que es la limitación del presupuesto y del tiempo destinado para realizar dichas proyecciones de población.

Es por esto que, en general, el método de los componentes no suele ser usado para estimar la población de las áreas menores en los países en desarrollo.

Por su parte, las proyecciones de población de áreas menores por métodos económicos, por medio de diferentes modelos en los cuales, además del tiempo, se involucran variables de tipo socioeconómico, como

el aumento de salarios, del empleo o desempleo, etc., serían una buena perspectiva de ser posible una proyección realista de éstas. Sin embargo, dada la carencia en general de la información necesaria desagregada a nivel de las subáreas, su uso también se dificulta en nuestros países.

Debido a lo anterior, para la proyección de áreas menores se ha preferido utilizar otro tipo de herramientas, como son los métodos para extrapolar directamente la población de dichas áreas y los métodos que utilizan proporciones, usando generalmente la forma matemática.

1.2 Descripción de las metodologías más frecuentemente utilizadas para proyectar la población total de áreas menores

Distintos autores han examinado la evolución de la población, y la han asimilado a diferentes curvas; exponencial, logística, polinomios de distintos grados, etc.; todas estas curvas y otras, pueden describir en un momento dado muy bien el comportamiento de una población, pero esto no significa que lo hagan hacia el futuro. Sin embargo, para realizar las proyecciones de población de áreas menores a corto y mediano plazo ³, con las limitaciones de tiempo, presupuesto e incluso, nivel de desagregación de la información disponible, estos métodos pueden arrojar en general, resultados bastante aproximados.

En lo que sigue, se describirán brevemente los métodos matemáticos para proyectar la población en forma directa o indirecta (proyectando la proporción que representa la subárea con respecto al área mayor, u otro tipo de proporciones).

1.2.1 Métodos matemáticos de extrapolación

El uso de fórmulas matemáticas para proyectar la población supone que ésta tiene un comportamiento histórico relativamente regular, lo cual suele suceder a las poblaciones cuando no están muy afectadas por fluctuaciones debidas a la migración.

Dentro de las ecuaciones matemáticas, las más usadas para proyectar la población son las que se describen a continuación:

³ Se considera como proyección a corto plazo, aquella que se hace para períodos inferiores a los 5 años, de mediano plazo entre 5 y 15 años y de largo plazo, las que van más allá de los 15 años.

1.2.1.1 Cambio aritmético o lineal

La más simple de las funciones matemáticas es la línea recta o polinomio de primer grado, la cual se deriva de una progresión aritmética. El crecimiento aritmético supone que en cada período la población aumenta o disminuye en el mismo número de personas.

Aunque es difícil encontrar una población que presente estas características, es posible que esta técnica matemática, a pesar de lo simple, pueda en la actualidad dar buenos resultados, especialmente si la proyección es a corto o mediano plazo pues aunque este procedimiento asume que el crecimiento futuro será en términos absolutos el mismo que en el pasado, ésto implícitamente quiere decir que la población estaría creciendo a una tasa decreciente (si la población está aumentando), supuesto que es bastante razonable, considerando los descensos de la fecundidad observados, especialmente a partir de la década de 1970. Sin embargo, vale la pena recordar que en el caso de las poblaciones menores, el componente migratorio puede estar afectando en un mayor grado el crecimiento de la población, lo cual podría restringir su validez en ciertas áreas, como por ejemplo, las de fuerte inmigración.

Si la población está disminuyendo, no conviene usar este método, pues al hacerlo estaríamos haciendo disminuir la población a una tasa creciente y además, se podría llegar a una estimación negativa, lo cual no es lógico dentro de una población.

Matemáticamente el crecimiento lineal se puede expresar como:

$$P_t = P_0 + g t$$

donde:

P_t es la población en el momento t

P_0 es la población en el momento 0

t es el período de tiempo ($t-0$)

g es el incremento anual de la población

De lo anterior se desprende que para su aplicación se requiere disponer de la población en dos momentos en el tiempo.

1.2.1.2 Cambio geométrico o exponencial

Un crecimiento de la población en forma geométrica o exponencial, supone que la población crece a una tasa constante, lo que significa que aumenta proporcionalmente lo mismo en cada período de tiempo, pero en número absoluto, las personas aumentan en forma creciente.

Si la población está disminuyendo, lo hará también a una tasa constante, pero en número absoluto irá disminuyendo, acercándose a cero, de tal forma que la población nunca llegaría a ser negativa, lo cual teóricamente es totalmente razonable.

El crecimiento geométrico o exponencial se puede expresar, respectivamente, como sigue:

$$\begin{aligned} P_t &= P_0 (1+r)^t & \text{ó} \\ P_t &= P_0 e^{rt} \end{aligned}$$

donde:

P_t es la población en el momento t
 P_0 es la población en el momento 0
 r es la tasa de crecimiento
 t es el período de tiempo ($t-0$)
 e es la base de los logaritmos naturales.

La diferencia conceptual entre estas dos curvas es que, en el primero, el tiempo se toma como una variable discreta, mientras que en el segundo, es una variable continua y en tal sentido la tasa de crecimiento diferirá en los dos modelos; en el primero estará midiendo la tasa de crecimiento entre puntos en el tiempo que están igualmente espaciados y en el segundo, medirá la tasa instantánea de crecimiento. Sin embargo, en la medida en que el período de tiempo considerado se haga más pequeño, las dos ecuaciones serán más parecidas, hasta el punto que, la ecuación geométrica tiende a la exponencial, cuando el período de tiempo tiende a cero.

Para proyectar la población a partir de una curva geométrica o exponencial, se requiere contar al menos con la población en dos momentos en el tiempo.

Vale la pena aclarar que las curvas exponencial y geométrica, arrojan (prácticamente) los mismos resultados cuando se proyecta con las respectivas tasas de crecimiento intercensal generadas por estas curvas, sin embargo, si se proyecta con la misma tasa de crecimiento, el resultado que se obtendría con la exponencial, sería superior al que se obtendría con la geométrica.

1.2.1.3 Función logística

La logística es una función que ha ido evolucionando desde su planteamiento inicial, el cual tenía características muy particulares, hacia otros más generales y/o más flexibles. A continuación se presentarán por un lado, el planteamiento inicial, por otro alguna de estas modificaciones y finalmente una simplificación propuesta para realizar los cálculos.

- Planteamiento inicial

La logística es una función que tiene forma de S alargada, con dos asíntotas: una inferior y otra superior. Supone que en un principio la población crecerá aceleradamente, pero después de un crecimiento máximo, su ritmo cesará, y se irá reduciendo con la misma intensidad con que creció, hasta llegar a cero; por esta razón, la primera parte de la curva es convexa y la segunda parte cóncava, pero el inverso exacto de la primera.

Las formulaciones de Verhulst y primera de Pearl y Reed, suponen que la curva es monótonamente creciente ⁴, a partir de una asíntota inferior igual a cero, con un punto de inflexión que se encuentra en el momento en que el tamaño de la población es un medio de la asíntota superior.

Por su parte, la tasa de crecimiento, presenta una situación inversa a la de la población pues en lugar de crecer, va disminuyendo continuamente; en un principio, el proceso se acelera hasta el punto de inflexión donde el descenso se hace cada vez menor, hasta llegar a cero.

Dado lo anterior, esta curva sólo puede ser aplicada cuando la tasa de crecimiento es positiva y decreciente ⁵.

Matemáticamente esta función se puede escribir como:

$$P_t = \frac{K}{1 + e^{a+bt}}$$

donde:

P_t es la población en el momento t ,
 t es el período de tiempo,
 K es la asíntota superior
 a y b son constantes
 e es la base de los logaritmos naturales

Como se puede apreciar, la población está expresada fundamentalmente como un cociente, donde el numerador es la asíntota superior y el denominador es una función que se va volviendo cada vez más pequeña,

⁴ Vale la pena comentar que la función logística inversa, esto es, monótonamente decreciente, se puede presentar al utilizar la logística en otra variable, e incluso en una población que está disminuyendo.

⁵ Si se considera la curva inversa, la tasa de crecimiento será negativa y monótonamente creciente. Lo realmente importante, es que el valor obtenido para la asíntota superior, sea positivo y mayor a las poblaciones conocidas, y esto solo se logra, si se cumplen las condiciones de la tasa de crecimiento, según la curva que se considere: positiva y decreciente en la logística "normal" o negativa y creciente en la logística inversa.

acercándose a la unidad, haciendo tender el cociente al valor de K. Esto sucede porque el parámetro b tiene signo negativo y el valor de t va aumentando, por lo cual el producto bt también aumenta pero e^{a+bt} se va reduciendo acercándose a cero.

Para aplicar esta metodología, se requiere contar al menos con la población en tres momentos en el tiempo, separados en forma equidistante uno de otro.

- Modificación de Pearl y Reed

Pearl y Reed, en años posteriores introdujeron varias modificaciones a la curva logística. En una de ellas postularon que el crecimiento puede ocurrir en ondas o ciclos, como resultado de la expansión de los medios de subsistencia, por lo cual desarrollaron otras ecuaciones, en las cuales suponen que cada onda se empalma sobre una previa; en otras palabras, en un momento la población puede comportarse de acuerdo a la ley logística y tender a un valor máximo de la población (primera onda), pero después, cuando los medios de subsistencia aumentan, esta población puede nuevamente empezar a crecer en forma logística (segunda onda), tendiendo a una nueva asíntota superior, pero ahora, el límite inferior corresponderá a la asíntota superior del ciclo anterior ⁶, y así sucesivamente. Un sistema de dos ondas es definido matemáticamente por la ecuación:

$$P_{t+n} = K_1 + \frac{K_2}{1 + e^{a+bn}}$$

donde:

K_1 es el límite inferior de la segunda onda ⁷ y, $(K_1 + K_2)$ es el límite superior.

Cuando se está trabajando con esta función logística, se debe tener presente que, la tasa de crecimiento ya no será monótonamente decreciente como en el caso anterior, sino creciente al principio y decreciente después, pero igualmente simétrica ⁸.

Dado que esta logística tiene cuatro constantes que deben ser estimadas, para poderse utilizar, se necesita disponer de la población en igual número de puntos.

⁶ Esto será así, si el ciclo alcanzó su nivel máximo, pero si la expansión se inicia antes, la asíntota inferior de la nueva onda se encontrará por debajo de la asíntota superior del ciclo anterior.

⁷ Si se consideran diferentes ciclos logísticos de la población, el K_1 representará el crecimiento total alcanzado en todos los ciclos previos.

⁸ Pearl y Reed trabajaron también con una logística asimétrica, pero recomiendan usar preferiblemente la simétrica.

- Modificación de Murphy

Como se pudo observar anteriormente, para obtener los parámetros de la logística, se necesitaba conocer la población al menos en tres momentos, igualmente espaciados, cuando se utilizaba la logística más sencilla, esto es, en su planteamiento inicial, donde la asíntota inferior es cero.

Más recientemente, Murphy planteó una forma para obtener el valor de estos tres parámetros, a partir de solo dos puntos. Según Murphy los resultados que se obtienen para las proyecciones de población no están muy afectadas por el valor de la asíntota superior⁹, por lo cual este valor puede ser calculado en una forma relativamente burda.

Sugiere, por lo tanto, estimar el valor de la asíntota superior K como el valor de la población que es generada al mantener constante durante 60 años la tasa de crecimiento prevaleciente en ese momento, la cual es calculada normalmente como la tasa anual promedio del último período intercensal.

Contando con el valor de la población asintótica, sólo se necesita disponer de la población en dos momentos en el tiempo para estimar los parámetros a y b.

Murphy, después de hacer un largo desarrollo matemático, llegó finalmente a la siguiente ecuación de cálculo¹⁰:

$$P_t = \frac{P_0 R^{60/T} (R^{60/T} - 1)^{[(t-t_0)/T-1]}}{(R^{60/T} - 1)^{[(t-t_0)/T-1]} + (R^{60/T} - 1)^{[(t-t_0)/T]}}$$

siendo $R = P_1/P_0$ y $T = t_1 - t_0$

donde:

P_t es la población proyectada al momento t .

P_0 y P_1 son las poblaciones en cada uno de los censos.

t_0 , t_1 y t son las fechas de los dos censos y de la proyección.

Por último, vale la pena aclarar que el comportamiento de la población y de su tasa de crecimiento son exactamente iguales a la curva logística planteada inicialmente.

⁹ Esto es cierto, siempre y cuando los valores de la población en el período considerado, no estén muy cerca de ese límite superior.

¹⁰ Esta ecuación sólo puede ser utilizada, cuando la población es creciente; sin embargo, cuando es decreciente, se puede aplicar haciéndole una ligera modificación: multiplicando y dividiendo por (-1), de tal manera que $(R^{60/T} - 1)$ se convierta en $(1 - R^{60/T})$.

1.2.1.4 La Curva de Gompertz

Esta curva describe un proceso de evolución acumulativo hasta un valor máximo, en forma muy parecida a la curva logística de la cual se diferencia especialmente porque la de Gompertz tiene un crecimiento más rápido al principio y más lento al final. Por esta razón, el crecimiento de la población en valores absolutos se comportará como una curva en forma de campana, sesgada hacia la derecha.

En otras palabras, esta curva describe una serie de datos donde los incrementos en los logaritmos de las observaciones, disminuyen en un porcentaje constante, por lo cual las diferencias de los logaritmos de la población deben descender a un porcentaje constante.

Matemáticamente esta curva se puede expresar como:

$$P_t = Ka^{b^t}$$

donde:

K representa el valor de la asíntota superior ¹¹; a y b son constantes (siendo siempre positivos los valores de a y K)

Para que la función Gompertz se presente monótonamente creciente, se requiere que la tasa de crecimiento esté disminuyendo (siendo positiva), de tal manera que b sea siempre menor que la unidad (pero mayor que cero) y K represente la asíntota superior ¹².

Para proyectar la población con esta curva, se necesita disponer de la población en tres momentos en el tiempo, igualmente espaciados.

1.2.1.5 La curva exponencial modificada

Esta curva se desarrolló con el fin de solucionar el problema de la curva exponencial, que llevaba a un crecimiento infinito de la población.

Supone que la población parte de cero y se va incrementando a una tasa de crecimiento decreciente, hasta llegar a un valor asintótico, por lo cual, gráficamente, esta curva es cóncava ¹³. Por su parte, el monto

¹¹ Aunque esta curva tiene 2 asíntotas, el límite inferior no aparece pues se considera que es cero.

¹² Si la tasa de crecimiento es negativa y disminuye, K será una asíntota superior, b será mayor que la unidad y la curva será decreciente. Si la tasa de crecimiento está aumentando, siendo positiva, no puede ser aplicada pues b será mayor que uno, K representará "una asíntota inferior", y al futuro la población tenderá a infinito. Si la tasa de crecimiento está aumentando pero en los dos periodos es negativa, b estará entre cero y uno y K será una asíntota inferior a la cual se tenderá en el futuro, mientras que hacia atrás la población tenderá al infinito, por lo cual, tampoco resulta conveniente su uso. Adicionalmente, si la tasa de crecimiento es negativa en algún periodo, tampoco puede ser utilizada, pues b será negativo, K será un valor intermedio al cual tiende la población, después de estar aumentando y disminuyendo continuamente, de un periodo a otro.

¹³ Si el supuesto de la tasa de crecimiento decreciente no se cumple, el valor de a resultaría positivo, la curva sería convexa y el valor de K pasaría a ser una asíntota inferior.

de crecimiento absoluto disminuye en una proporción constante, por lo cual gráficamente aparece como una curva convexa.

Matemáticamente la curva exponencial modificada se expresa como:

$$P_t = K + ab^t$$

donde:

K es el valor asintótico al cual tiende la población.

a es un valor negativo que hace que los aumentos sucesivos de la población decrezcan a una tasa constante que se define como la diferencia entre el valor de la población en un momento y el valor asintótico.

b es un valor positivo menor que uno, que muestra la tasa de cambio.

Para su aplicación se requiere disponer al menos de tres puntos en el tiempo (igualmente espaciados).

1.2.1.6 Curvas polinómicas (parábolas o curvas no lineales)

El uso de curvas polinómicas o parabólicas ha sido muy generalizado para proyectar la población, ya que estas curvas tienen la ventaja de ser muy flexibles; la parábola de segundo grado es sensible al ritmo medio de crecimiento al igual que al aumento o disminución de velocidad observado en ese ritmo. La parábola de tercer grado tiene, además, en cuenta el ímpetu variable del aumento o disminución de la velocidad. Estos cambios de ritmo se reflejan en los cambios de signo de los coeficientes.

La ecuación general de la curva polinómica puede ser expresada como:

$$P_t = a + bt + ct^2 + \dots + kt^n$$

donde:

a,b,c, ...,k son constantes

P_t es la población al momento t

t es la fecha de la proyección o período de la proyección.

Si la ecuación sólo conserva los dos primeros componentes del lado derecho, será un polinomio de grado uno que representa la recta o crecimiento aritmético que fue descrito anteriormente.

Si la ecuación conserva los 3 primeros elementos del lado derecho, se tendrá una parábola de segundo grado, la cual requiere disponer de la población en tres momentos en el tiempo para su aplicación.

En una parábola de segundo grado, cuando la constante c es positiva, la curva es convexa y los patrones de crecimiento de la población asumidos tienen una suave y continua tasa de cambio, con aumentos de población en forma creciente; si la c es negativa, la curva parabólica es cóncava y la tasa de cambio de la población es igualmente suave y continua, pero los incrementos de población decrecen.

Una parábola de tercer grado, conserva cuatro elementos de la ecuación general y su mayor exponente estará elevado al cubo, y dado que requiere estimar 4 parámetros, necesita de la población en 4 momentos en el tiempo.

Para utilizar parábolas de mayor grado se requiere disponer de más puntos en el tiempo (uno más que el grado de la parábola que se desea), pero normalmente se han utilizado parábolas hasta de tercer grado, pues entre mayor sea el grado de la parábola, ésta será más flexible y podría presentar un comportamiento poco realista de la población futura.

1.2.2 Métodos de extrapolación de proporciones

En esta parte se hará referencia a los métodos de proyección de la población de áreas menores, a partir de la extrapolación de relaciones existentes entre la población de las subáreas y la población del área mayor, por lo tanto, para su aplicación se requiere disponer de la proyección de la población del área mayor.

La medida que se utiliza normalmente es la proporción que representa la población del área menor con respecto a la población del área mayor; por ejemplo, si una subárea tiene 10.000 habitantes y el área mayor 50.000, la proporción para ese momento será de 0.2 ($10.000/50.000$), o de 20 por ciento.

El procedimiento general consiste en proyectar dichas proporciones y posteriormente multiplicarlas por la población del área mayor, que había sido ya proyectada y como resultado de esto, derivar la población proyectada para la subárea.

Dado que es normal que la suma de las proporciones proyectadas de todas las áreas menores a la mayor, sea diferente a 1 (a excepción de las curvas polinómicas), éstas son normalmente ponderadas proporcionalmente para que se reproduzca la unidad. Obviamente este ajuste debe hacerse para cada año de la proyección, para que la suma reproduzca el total del área mayor.

A continuación se describirán los métodos de proyección de proporciones usados más frecuentemente.

1.2.2.1 Métodos de proyección de la proporción de población del área menor, con respecto a la población del área mayor

1.2.2.1.1 Funciones matemáticas para proyectar proporciones

En general, todos los modelos matemáticos descritos anteriormente para proyectar la población de las áreas menores, pueden ser utilizados para describir la participación de una población. La única diferencia radica en utilizar las proporciones de población del área menor a la mayor, en lugar de la población absoluta del área menor, pero la estimación de los parámetros de la ecuación se calculan de la misma manera.

Se debe tener en cuenta que al trabajar con proporciones, la logística sólo requiere la población en dos momentos, ya que el máximo valor que puede tomar una proporción es uno y el mínimo cero, por lo cual se puede asumir que las asíntotas son cero y uno. En cuanto a la aplicación de la logística de Murphy, se debe recordar, que ésta fué pensada para proyectar población, pero matemáticamente puede ser aplicada para proporciones, si se le hace una ligera transformación, sin embargo, teóricamente no es adecuada, pues al proyectar la proporción de una subárea que está aumentando, por el método exponencial a 60 años, puede llegar a exceder el 100 % de la población del área mayor.

Una vez que se dispone de las proporciones extrapoladas, sólo hace falta ajustarlas para que sumen la unidad y multiplicarlas por la población del área mayor a esa fecha, para obtener la población proyectada de cada subárea.

1.2.2.1.2 Método de la proporción del Buró de Censos (Census Bureau Ratio)

Este método fue desarrollado por el Buró de Censos de Estados Unidos en 1952 para preparar proyecciones de población a nivel sub-nacional. Este método es básicamente, el mismo que se describió en el punto anterior, y sólo se diferencia por la forma en que proyecta la proporción.

Para su extrapolación, el Buró de Censos calculó las proporciones de las áreas menores a las mayores en cuatro censos diferentes (1920, 1930, 1940 y 1950), examinó sus tendencias de cambio y agrupó las subáreas en tres categorías:

- Áreas con dirección de cambio constante en las tres décadas;
- áreas con dirección constante en las dos décadas más recientes, pero con dirección diferente en la primera década;
- áreas donde la dirección de la década más actual difiere de la anterior.

De esta forma, teniendo grupos más homogéneos en cuanto a las variaciones de su crecimiento, le asignó a las proporciones de cada una de estas áreas, las siguientes tasas de crecimiento, para que sirvieran de base para proyectarlas:

- Al primer grupo la menor tasa geométrica promedio anual de cambio de la participación, de los períodos 1920-50, 1930-50 y 1940-50;
- a las áreas del segundo grupo se les asignó la menor tasa promedio anual de los períodos 1930-50 y 1940-50; y, finalmente,
- a las del tercer grupo se les asignó una tasa de cambio igual a un medio de la tasa promedio anual de la década más reciente.

A partir de estas tasas, se supuso que el comportamiento futuro de éstas variaría anualmente en forma lineal hasta cero en 50 años¹⁴. De esta manera, los valores proyectados de las proporciones se obtienen multiplicando la proporción de población del área menor con respecto a la mayor obtenida en el último censo, por la multiplicación sucesiva de 1, más la tasa correspondiente a cada uno de los años que intervienen en la proyección; por ejemplo, si la participación de una subárea en el último censo fue del 17.756 por ciento y las tasas de cambio para cada año fuesen .007952, .007789, .007627, .007465, .007303, la participación de esta área cinco años después sería:

$$p = .17756 * (1.007952 * 1.007789 * 1.007627 * 1.007465 * 1.007303)$$
$$p = .18444$$

Una vez obtenidas las participaciones proyectadas de todas las subáreas que conforman el área mayor, éstas son ajustadas para que sumen la unidad.

La metodología utilizada aquí ha involucrado una serie de juicios, en lo que se refiere al período a tener en cuenta para la determinación del crecimiento promedio de las proporciones, dado que se disponía de la información en una serie de fechas. Sin embargo, si sólo se tiene la información en dos momentos en el tiempo, sólo es posible tener una idea sobre la evolución que ha tenido esta participación en dicho período y, por lo tanto, se podría hacer un juicio sobre la evolución futura posible, a partir de esta información y/o del conocimiento de la existencia de algunas políticas específicas, que pudieran hacer variar la participación de alguna localidad.

¹⁴ La hipótesis respecto a la evolución de la participación puede ser modificada.

1.2.2.1.3 Método de la tendencia de las proporciones de Pickard (*The Ratio Trend Method*)

Esta técnica es similar conceptualmente al método de la razón del Buró de Censos. Fue ideada por Jerome Pickard, quien estaba interesado, por un lado en proyectar las poblaciones a un plazo más largo y por el otro, en hacer proyecciones de áreas metropolitanas. Pickard supuso que una proyección a corto plazo requería una tendencia histórica corta y una proyección a largo plazo un período histórico largo y que, además, la parte más reciente de la tendencia histórica podría tener un mayor impacto en la participación de la población futura, que el principio del período observado.

Por esta razón, según el período requerido para la proyección, utiliza más o menos datos, pero dándole un mayor peso a los valores más recientes. En general, se puede decir que la parte más compleja del modelo, es la proyección de los pesos para los datos históricos, cuando la proyección es a largo plazo.

El procedimiento general de Pickard consiste en transformar las proporciones porcentuales de la población subnacional a logaritmos; calcular sus tasas de cambio como la diferencia de sus logaritmos, proyectarlas y transformarlas nuevamente de su forma logarítmica a porcentual.

Pickard notó que cuando la proporción de una región aumentaba muy rápidamente, fácilmente se exageraba su proyección, por lo cual sugirió finalmente que en los casos donde la participación de una subregión es mayor en la fecha más reciente, se trabaje con el complemento de la proporción, pues dadas las propiedades de los logaritmos, las diferencias de los logaritmos de las proporciones transformadas son menores, que las diferencias entre los logaritmos de las proporciones no transformadas.

Por ejemplo, si se dispone de la proporción de población de una subárea para 3 momentos en el tiempo, así: para 1950, 14.3%, para 1960 16.4% y para 1970 16.9%, la población proyectada para 1980 sería:

Año	(1-Prop)*100	log [% (1-prop)]	Δ log
1950	84.7	1.92788	—
1960	83.6	1.92221	-.00567
1970	83.1	1.91960	-.00261

$$\log [\% (1\text{-prop})]_{1980} = 1.91960 + \frac{2 (-.00261) + (-.00567)}{3} = 1.91597$$

$$\text{Proporción proyectada a 1980} = .176$$

Posteriormente, esta proporción es ajustada de tal forma que la suma de las participaciones de todas las subáreas sea igual a uno y, finalmente, multiplicada por la población del área mayor, para obtener la población proyectada de la respectiva área menor.

1.2.2.2 Método de Pickard de proyección de la participación en el crecimiento (Apportionment Method)

En esta metodología no se proyecta la futura participación de una subárea en la unidad mayor, sino la participación o contribución de una subárea en el cambio absoluto de población experimentado en el área mayor.

Pickard operacionalizó el método estipulando que la distancia al futuro que está siendo proyectada, requiere de un período histórico de igual longitud. Por lo tanto se debe disponer de la población a iguales períodos de tiempo. Por ejemplo, si se quiere obtener la población para 1980 a partir de la de 1970, el período de proyección es de 10 años; por lo tanto, calculó el incremento de población entre 1960 y 1970, tanto para el área mayor como para la subárea, y la proporción entre los aumentos de población de la subárea y el área mayor, la multiplicó por la diferencia de población del área mayor entre 1970 y la proyección (ya disponible, realizada independientemente) de 1980. El resultado de esto sería la diferencia de población del área menor, entre 1970 y 1980, la cual, al ser sumada a la población de la subárea en 1970 dará finalmente la proyección de población para 1980. Si se requiere la población para el año 2000, la proporción que se aplicará a la diferencia de población del área mayor entre 1970-2000 será la obtenida a partir de la relación entre la diferencia de aumento de población entre 1940 y 1970 de la subárea al área mayor.

Normalmente, esta técnica considera que las áreas con población en descenso tienen un aporte nulo al crecimiento del área mayor.

Por ejemplo, si el aumento de población de una subárea entre 1960 y 1970 fue de 1.500 personas y del área mayor fue de 18.230, la subárea aportó un 8.23% del crecimiento de la región mayor. Por lo tanto, se espera que en el período 1970-1980 aporte esta misma proporción, de tal forma que si la población del área mayor en este período aumentó en 20.230 personas, la población de la subárea en 1980 sería:

$$P_{80} = P_{70} + .0823 * 20230 = P_{70} + 1669$$

1.2.2.3 Método del diferencial de crecimiento

Este método fue presentado por Naciones Unidas, con el fin de proyectar la población urbana y rural de un país, esto es, para dos subgrupos de

la población; igualmente lo presentó para proyectar las ciudades con respecto a la población urbana, proyectando nuevamente dos subgrupos, la ciudad y el resto del área urbana, en forma sucesiva. En este mismo sentido, puede ser aplicado para estimar la población de las subáreas, proyectando el área menor y el resto del área mayor.

El procedimiento general consiste en proyectar los porcentajes de población de cada subárea, suponiendo que existe una diferencia constante entre las tasas de crecimiento de la subárea y del resto del área, lo cual implica una evolución de los porcentajes de población de cada subárea, en forma logística, con una asíntota inferior de 0 y superior de 100.

Al aplicar este procedimiento para proyectar la población de las subáreas, se puede proceder en dos formas: una es proyectando en forma separada para cada subárea y el resto, o en forma sucesiva, modificando el resto, eliminando cada vez la subárea ya proyectada, con lo cual la última subárea resulta por diferencia. Cuando se proyecta en forma individual las proporciones de cada subárea, posteriormente se deben ajustar para que sumen la unidad; cuando se hace en forma sucesiva, no se tiene que prorratar, pero se tiene el inconveniente que los resultados variarán, de acuerdo con el orden en que se proyecta cada subárea, lo cual la hace poco adecuada teóricamente.

La evolución del porcentaje de población del resto del área mayor se puede definir como:

$$\frac{R_t}{N_t} = \frac{1}{1 + (S_0/R_0)e^{-dt}}$$

donde:

R_t = población del resto del área mayor en el momento t

N_t = población total del área mayor en el momento t

S_0 = población de la subárea en el momento 0

R_0 = población del resto del área mayor en el momento 0

d = diferencia subárea-resto de las tasas de crecimiento exponencial

t = período de tiempo ($t-0$)

Como se ha comentado anteriormente, este método supone que el diferencial de crecimiento entre dos subconjuntos de la población permanece constante. Sin embargo, este supuesto no es necesariamente muy realista, por tanto, se ha sugerido la posibilidad de hacer variar la diferencia de crecimiento entre una subárea y el resto; esta variación puede hacerse de dos formas: asumiendo para un período futuro un mayor o menor diferencial de crecimiento, o asumiendo un aumento o disminución gradual año a año.

En el primer caso la proyección se haría de la siguiente manera:

$$\frac{R_{t+n}}{N_{t+n}} = \frac{1}{1 + (S_t / R_t) e^{-d'n}}$$

donde:

d' es el diferencial futuro asumido para todo el período de la proyección.
 n es el período entre la última información y la proyección.

En el segundo caso, la proyección se haría:

$$\frac{R_{t+n}}{N_{t+n}} = \frac{1}{1 + (S_t/R_t)e^{-[d'(t+1) + d'(t+2) + \dots + d'(t+n)]}}$$

donde:

$d'(t+1)$ es el diferencial asumido para un año después de la última información,

$d'(t+2)$ es el diferencial asumido para el segundo año después de la última información, ..., y

$d'(t+n)$ es el diferencial asumido para el año de la proyección.

II. Evaluación de las metodologías matemáticas para proyectar la población de áreas menores

2.1 Información básica y medidas estadísticas utilizadas para evaluar la calidad de las estimaciones

2.1.1 Información básica

La información básica para proyectar la población global de las subáreas en forma independiente, es la población total de cada una de ellas en por lo menos dos o tres momentos, según el método que se utilice; las proyecciones dependientes, requieren adicionalmente, la población proyectada del área mayor.

Por otra parte, para realizar la evaluación de las metodologías, se requería disponer de la población en una fecha adicional.

Teniendo en cuenta los insumos necesarios para las proyecciones y la evaluación de las metodologías, se escogió una región tanto de Colombia como de Venezuela, ya que para estos países se disponía de la información de los censos en las cuatro últimas décadas.

En los cuadros 2.1 y 2.2 se presenta la población de las regiones escogidas de los dos países en las fechas censales y la distribución relativa de la población de las subáreas.

2.1.2 Medidas estadísticas utilizadas para evaluar la calidad de las estimaciones

Para medir la calidad de las estimaciones se calculó el error porcentual de las proyecciones obtenidas para cada área menor, por cada uno de los métodos considerados.

Sin embargo como el error porcentual varía entre una localidad y otra, el análisis de la bondad en forma global, de cada método se dificulta, con base en esta medida, por lo cual, para facilitar su evaluación, se calcularon otra serie de medidas resumen:

- Promedio de los valores absolutos de los porcentajes de desviación, denominado también "desviación media" o "error medio".
- Porcentaje de desviaciones por encima del 5 y del 10 por ciento (>5% y >10%) ¹⁵, los cuales sirven para determinar el porcentaje de proyecciones con errores extremos.
- Porcentaje de desviaciones positivas o negativas para determinar la presencia o ausencia de un sesgo sistemático (hacia arriba o hacia abajo), del método que se está examinando.
- Porcentaje de frecuencia en que cada método arroja las mejores y las peores proyecciones.

2.2 Evaluación de los resultados de la proyección de la población

Para evaluar los métodos matemáticos de proyecciones de población de áreas menores, se utilizó un procedimiento que consiste en estimar la población de las subáreas a la fecha del último censo ¹⁶ y compararla con la población censada en éste.

¹⁵ Considerando que los censos de América Latina alrededor de 1970 y 1980 han tenido porcentajes de no cobertura que oscilan entre 1.5% y 13.8%, se consideraron "buenas proyecciones", aquellas cuyo error o desviación con respecto al "verdadero valor" no fué superior a 5%, como "aceptables", aquellas que presentaron un error entre 5% y 10%, y "malas", las que tuvieron errores superiores a 10%.

¹⁶ Nótese que los resultados que se obtengan corresponderán a una proyección a mediano plazo, aproximadamente 12 años en Colombia y 10 años en Venezuela.

Los métodos de extrapolación de la población de áreas menores se examinaron en dos etapas: primero se proyectó la población de cada subárea en forma independiente y posteriormente, se prorrataron de acuerdo a la población total del área mayor.

Se analizaron estas dos etapas, ya que se consideró que la concordancia entre el total proyectado del área mayor y la suma de las proyecciones de las áreas menores, puede requerirse para la coherencia de las estimaciones cuando se proyectan todas las subáreas de un país o de una región, pero también, en un momento determinado, puede ser necesario proyectar únicamente una cierta localidad, y en tal caso esta conciliación no podría ser hecha.

Por su parte, los resultados de las estimaciones de población de áreas menores, a partir de la proyección de proporciones, se analizaron en tres bloques.

En el primero se evaluó la proyección de las proporciones de población del área menor, con respecto al área mayor, en forma individual, esto es, sin preocuparse de que la suma de las proporciones fuera uno, con el fin de examinar la posibilidad de utilizarla cuando sólo se requiere la proyección de una localidad específica y no se pueda hacer para todas las localidades del área mayor.

Posteriormente, se analizaron estas proyecciones pero ajustando las proporciones de tal manera que sumaran uno, para que la suma de la población de las áreas menores reprodujera la del área mayor y, en la tercera parte, se evaluaron algunos métodos que utilizan criterios específicos para proyectar las proporciones, tanto de población como de crecimiento.

2.2.1 Análisis de los resultados, considerando las proyecciones de las áreas menores en forma independiente

En el cuadro 2.3, se presentan los errores porcentuales obtenidos en cada área menor, según el método utilizado. En él, se puede apreciar que para algunas áreas menores una metodología de proyección resulta muy adecuada y para otras esta misma metodología tiene errores muy altos. Esto resulta lógico, si se tiene en cuenta que la bondad de un método depende básicamente de si el crecimiento de la población en referencia, cumple o no con los supuestos implícitos de la técnica.

En el caso de Colombia resulta interesante observar que en tres municipios: Carmen de Viboral, Guarne y La Unión, todos los métodos arrojaron errores muy altos (20% en promedio), mientras que en todos los

demás, los errores estuvieron alrededor del 5%, lo cual alerta sobre la posibilidad de que estos tres municipios pudieron tener algún tipo de problema particular, como una significativa omisión en el censo de 1973 y/o un gran crecimiento en el último período, lo que parece confirmarse al analizar la evolución de la tasa de crecimiento, por ejemplo de Carmen de Viboral, donde la tasa del período 1951-64 fué de 1.26%, la del período 1964-73 0.06 % y la del último período, 2.52 %.

De acuerdo con las medidas resumen calculadas (ver cuadro 2.3), se encontró que la función exponencial arrojaba los mejores resultados, tanto en Colombia como en Venezuela, pues se lograron los menores error medio y porcentaje de errores por encima del 5%, aunque ésto no es muy alentador, si se tiene en cuenta que el 50 y el 60 por ciento de las proyecciones de Colombia y Venezuela respectivamente, tuvieron un error por encima del 5% y el 40 por ciento por encima del 10%, en una extrapolación a mediano plazo (12 y 10 años).

Adicionalmente, con esta función se obtuvo el más alto porcentaje de frecuencias en que el método logró las mejores estimaciones, aunque también tuvo un alto porcentaje (30%) en que fué la peor estimación; sin embargo en el caso de Colombia, éstos errores fueron inferiores a algunos que resultaron ser la mejor proyección en otro municipio.

En cuanto a las otras metodologías, vale la pena resaltar los siguientes resultados:

Con la logística de Murphy se lograron unos resultados muy similares a los obtenidos con la exponencial y, a pesar de no ser las mejores estimaciones, en ningún caso fueron las peores.

Por su parte, las proyecciones obtenidas a partir de las curvas de Gompertz y exponencial modificada, arrojaron unos resultados algo contradictorios, pues, aunque la suma de las proyecciones de las subáreas se desvía muy poco de la población censada en el área mayor, las desviaciones por encima del 5 y 10% son en general las más altas de todos los métodos. Es así como, para el distrito de Rangel en Venezuela, estas desviaciones llegan a 155.43% y 79.72%, lo cual explica el alto valor obtenido en el error medio.

Los resultados obtenidos con las curvas polinómicas variaron de acuerdo con el país de referencia.

En el caso de Colombia, la parábola de segundo grado fué el método que en general menos se ajustó a los datos; tiene el error medio más grande, arrojó altos porcentajes de desviaciones por encima del 5 por ciento y en el 40 % de los casos éstas fueron las peores estimaciones; sin embargo, si no se tienen en cuenta los tres municipios para los

cuales todas las proyecciones son inadecuadas, el error medio obtenido para las restantes áreas menores, es el más bajo de todos los métodos (3.24 %) y por consiguiente, el error medio para estos tres municipios es el más alto. Por su parte la lineal, arroja en general unos resultados intermedios que en ningún momento llegaron a ser la peor proyección, a pesar de ser el método que tiene más estimaciones con errores por encima del 5%.

En el caso de Venezuela, la proyección lineal y el polinomio de segundo grado presentan resultados intermedios en general, según las medidas resumen, pero tienen, al igual que en Colombia, el mayor error porcentual al comparar la población del Estado, obtenida a partir de la suma de los distritos y la efectivamente censada en 1981.

En cuanto a la posibilidad de que algunos métodos tengan un sesgo sistemático hacia arriba o hacia abajo, de los resultados anteriores no se puede concluir en forma muy determinante nada, ya que el porcentaje de desviaciones positivas es muy similar en todos los métodos.

De lo observado anteriormente se puede concluir, que no siempre una metodología de proyección arroja los mejores resultados, sino que, por el contrario, en algunos casos una metodología puede ser la más adecuada, mientras que en otros, la menos, y ésto dependerá por un lado, de la calidad de los datos básicos, y por otro, de la mayor o menor estabilidad que una población haya tenido y pueda tener en el futuro.

Por otra parte se observó que, aunque en general todos los métodos son bastante sensibles al no cumplimiento de sus supuestos y a los cambios en la tendencia del crecimiento, la Gompertz y la exponencial modificada lo son especialmente, por lo cual su uso se hace inadecuado en las proyecciones de áreas menores, ya que éstas con alguna frecuencia, tienen un comportamiento no muy estable. En cuanto a la parábola de segundo grado, tampoco parece muy adecuado su uso pues, como se pudo apreciar, en algunas oportunidades puede ser buena, como ocurrió en Venezuela, pero en otras no, como en Colombia.

2.2.2 Análisis de los resultados controlando las proyecciones de las áreas menores, con el total del área mayor, obtenido en forma independiente

A continuación se analizan los resultados obtenidos al ajustar las proyecciones de las subáreas al total del área mayor (que se supone se ha proyectado en forma independiente ¹⁷ y en consecuencia está disponible), con el fin de hacer coherentes estas proyecciones a nivel general.

¹⁷ En el presente caso se considera como proyección independiente, a la población enumerada en las áreas mayores en los censos de la década del 80.

Nótese que al ajustar las proyecciones, prorrateando los resultados de tal manera que la suma de las áreas menores sea igual a la proyección del área mayor, el resultado de la proyección ya no dependerá sólo de la tendencia en el crecimiento de la población de la subárea en el pasado y en el futuro, sino también de la tendencia en las demás subáreas.

En el cuadro 2.4 aparecen los errores porcentuales de la proyección ajustada al total "verdadero", donde se aprecia, como se esperaba, que las proyecciones cuyo error era negativo, en general mejoraron, pues el error obtenido al sumar las subáreas era negativo, indicando una subestimación en la proyección, por lo cual al ajustar por este valor, los errores que individualmente indicaban una subestimación similar o mayor, mejoraron, pero las que habían sido sobrestimadas, al ajustarlas se exageraban aún más; adicionalmente, algunos municipios que al ser proyectados independientemente tuvieron el mayor error por un método, al ajustar dichas proyecciones pasaron a ser las mejores estimaciones o viceversa. Tal es el caso de Peñol en Colombia con la parábola de segundo grado y Tovar, con la lineal, en Venezuela.

Con los resultados anteriores es difícil saber si con el procedimiento de ajuste se obtienen mejores resultados que proyectando en forma independiente. Por lo tanto, para este análisis conviene utilizar las medidas resumen.

De acuerdo con éstas, la diferencia entre los resultados obtenidos con la lineal, la exponencial y la logística de Murphy, no son muy grandes; en Venezuela el método exponencial continúa siendo el mejor, pero en Colombia pasa a ser la curva lineal la que arroja los mejores resultados, aunque el porcentaje de proyecciones en que se obtuvo la peor proyección es bastante elevado, pero en dos de los tres casos en que la lineal arrojó la peor proyección, éstas resultaron aceptables (con un error inferior al 10%)

Por otra parte, al comparar los cuadros 2.3 y 2.4, se puede concluir que, al ajustar las proyecciones independientes al total del área mayor, los resultados empeoraron, pues en general el error medio aumentó (la tendencia en las otras medidas no es muy claro), pero en el caso de la exponencial modificada y la Gompertz, no variaron mayormente, de tal forma que las medidas globales continúan indicando la inconveniencia de su aplicación.

Finalmente, de acuerdo con los resultados obtenidos de las técnicas que utilizan dos o tres datos de base para la proyección, se puede decir que en general parecen mejores las estimaciones obtenidas a partir de la información de sólo dos puntos, esto es, los métodos que consideran solamente la tendencia del crecimiento en el período más reciente.

2.3 Evaluación de los resultados de la proyección de proporciones

Los métodos matemáticos empleados para proyectar las proporciones son los mismos empleados en el capítulo anterior, a excepción de la logística, ya que la simplificación de Murphy no es muy adecuada al utilizar proporciones, pues al proyectar la asíntota superior, se puede sobrepasar el cien por ciento del valor del área mayor, o exagerar algunas proporciones y subestimar otras en forma importante, por lo cual se utilizó una logística general, pues al estar trabajando con proporciones, se pueden asumir como 0 y 1 las asíntotas mínima y máxima, por lo cual sólo se requerirán 2 puntos para su aplicación.

Sin embargo, dado que estas asíntotas son muy exageradas, ya que asumen que la población de una localidad puede desaparecer (lo que no es muy realista en condiciones normales), o que puede llegar a ser igual al total del área mayor, para lo cual se requeriría que las demás localidades desaparecieran, se probó una segunda logística, donde las asíntotas eran 0.002 y 0.5. Aunque estos límites son totalmente arbitrarios, en el fondo están asumiendo que el valor de una localidad podría llegar a representar como máximo, la mitad del área mayor, lo cual aún puede ser elevado, pero no tan absurdo como el anterior, y como mínimo el 0.2 por ciento de la población del área mayor.

2.3.1 Análisis de las estimaciones obtenidas a partir de la proyección de las proporciones en forma individual para cada área menor

En el cuadro 2.5 se presentan los errores porcentuales de cada una de las proyecciones y algunas medidas resumen de la bondad de las proyecciones. Según los errores porcentuales obtenidos por cada subárea, las proyecciones de proporciones, arrojan buenos resultados para unas subáreas, mientras que en otras los errores son muy altos.

Se debe tener en cuenta que en este caso, la bondad de la estimación depende del comportamiento presentado por la proporción de población, y por tanto, es ésta la que debe cumplir con los supuestos implícitos de cada método, para que con ellos se obtenga un buen resultado. Por lo cual, si la población cumple o no con determinados supuestos, ello no implica que en las proporciones ocurra lo mismo.

De acuerdo con el cuadro 2.5, las proyecciones lineal, exponencial y logísticas (independientemente de las asíntotas) varían ligeramente una de otra y en forma muy significativa de los demás métodos, tanto en el caso de Venezuela como en el de Colombia.

En el caso de Colombia, la logística-2 se ajusta mejor según el error medio, y la lineal de acuerdo al porcentaje de frecuencias en que este método obtiene las mejores proyecciones. En cuanto al porcentaje de proyecciones mayores del 5% todos estos métodos tienen un 70%, pero sólo un 30% por encima del 10% (a excepción de la lineal, que tiene un 40%), los cuales corresponden a dos de los tres municipios que en el capítulo anterior daban malos resultados y los cuales mostraron una tasa de crecimiento de las proporciones que cambiaba de sentido o variaba muy fuertemente, pues en el período base se tenía una tasa de crecimiento positiva o negativa (San Vicente y Carmen de Viboral, respectivamente) y en el período siguiente cambiaron de signo, o la tasa negativa que tenían (Concepción y Marinilla) varió negativamente en forma muy fuerte.

Para el caso de Venezuela, aunque la lineal, la exponencial y las logísticas se ajustan mucho mejor que los demás métodos según todas las estadísticas, la función lineal presenta los mejores resultados (a excepción del porcentaje de desviaciones por encima del 10 por ciento, que es ligeramente superior a los otros métodos).

Por su parte, la Gompertz, la exponencial modificada y la parábola de segundo grado, presentan resultados bastante malos en ambos países, con unas proyecciones para algunas subáreas, donde el error es mínimo, pero en general son altas, especialmente en el caso de Colombia.

En cuanto a los resultados obtenidos con las dos logísticas, se puede apreciar que los errores son muy similares unos y otros, indicándonos que tal vez no tienen mucha importancia, al menos a corto plazo, la determinación de una u otra asíntota al proyectar proporciones, o quizás, que éstas no fueron muy apropiadas. Sólo en el caso del distrito Libertador, se encontró una diferencia de más de un 1.5 % en la proyección, según si se utilizaban unas asíntotas u otras, lo cual se puede deber al alto porcentaje que representa esta subárea.

De los resultados obtenidos aquí es posible concluir que, si se desea proyectar la población de una localidad en forma individual, utilizando proporciones, las técnicas más aconsejables son la lineal, la exponencial y la logística. Por otra parte, si se escoge el método lineal, se tiene la ventaja de que la proyección va a ser consistente con el total del área mayor (en el caso de que posteriormente se realicen para las demás localidades que pertenezcan a dicha área), pero si se escoge uno de los otros dos métodos el porcentaje de error no sería muy grande.

2.3.2 Análisis de las estimaciones obtenidas a partir de la proyección de las proporciones de población de las áreas menores con respecto al área mayor, ajustadas para que reproduzcan el valor de ésta última.

Como se observó anteriormente, el método lineal, además de arrojar unos resultados bastante buenos, tiene la ventaja de que la suma de las proyecciones de las áreas menores reproduce el total, mientras que el polinomio de segundo grado, a pesar de cumplir también con esta característica, no arrojó muy buenos resultados sino que, por el contrario, los errores individuales resultaron exageradamente grandes, sugiriendo la inconveniencia de su uso. Dada la característica común de estos dos métodos, en esta parte del análisis, no sufrirán ninguna variación y el primero seguirá siendo un procedimiento adecuado mientras que el segundo continuará siendo malo, pero los demás métodos sí pueden mejorar al ajustarlos al total de la población o, lo que es lo mismo, al ajustar las proporciones para que éstas sumen uno.

En el cuadro 2.6 se encuentran los errores porcentuales de las proyecciones de cada área menor, los cuales variaron más en la medida en que el error total que aparecía en el cuadro 2.5 era mayor. Al comparar los resultados obtenidos en estos dos cuadros se observa que, en general, los errores disminuyeron ligeramente, lográndose mejores estimaciones.

Por otra parte, las mejores técnicas continúan siendo la lineal, la exponencial y la logística; según el error medio, en el caso de Colombia, la exponencial es nuevamente la mejor técnica, pero en Venezuela es la lineal.

Resulta especialmente interesante observar que en el caso de Venezuela, al ajustar las proporciones obtenidas con la exponencial modificada y la Gompertz, las mejoras son apreciables.

Al comparar los cuadros 2.4 y 2.6, se puede apreciar que la estimación obtenida con el método exponencial, a partir de las proporciones ajustadas o de la proyección de la población ajustada al total, conduce exactamente a las mismas poblaciones. Además resulta interesante observar que (contrariamente a lo que se suele pensar), cuando se dispone de la población del área mayor, proyectada en forma independiente, no siempre es mejor proyectar en forma matemática las proporciones en lugar de la población.

Como se puede observar, para el caso de Colombia en todos los métodos (sin considerar ninguna logística ya que no son comparables en los dos

cuadros y la exponencial que ya se mencionó que son iguales), se obtienen mejores resultados según los valores del error medio y, en general de las otras medidas, en las proyecciones obtenidas a partir de extrapolar la población.

En el caso de Venezuela ocurrió lo contrario y se obtuvieron mejores resultados a partir de la proyección de proporciones, a excepción de la parábola de segundo grado y de la curva exponencial (que, como se había comentado, no se modifica).

Sin embargo, se debe tener presente que al hacer este ajuste, los resultados dependen por un lado del comportamiento presentado por cada una de las proporciones, en forma individual pero también por el comportamiento de las proporciones en las otras subáreas.

2.3.3 Análisis de otros métodos matemáticos que utilizan criterios específicos para proyectar las proporciones

En este punto se examinarán los resultados de las proyecciones de áreas menores obtenidas por el método de la proporción del Buró de Censos, la tendencia de las proporciones y la participación en el crecimiento, de Pickard, y el método del diferencial de crecimiento, de Naciones Unidas. En el caso del método de la tendencia de las proporciones, se utilizará la modificada, esto es, la alternativa que él sugiere para las localidades en las cuales la proporción está aumentando y en el caso del diferencial de crecimiento, se utilizará el que calcula cada área menor en forma individual, aunque posteriormente se deba ajustar al total del área mayor, pues el procedimiento en el cual la proyección de cada subárea se va obteniendo en forma sucesiva, arroja resultados que dependen del orden en que éstas se vayan haciendo.

Vale la pena recordar que todos estos métodos están diseñados para que la suma de las proyecciones de las áreas menores sea igual a la población del área mayor, por lo cual, estos procedimientos son analizados en una sola etapa.

En el cuadro 2.7 se encuentran los errores porcentuales de las proyecciones y las medidas resumen, donde se observa que, según el área menor y el país, una metodología funciona mejor que otra.

En el caso de Colombia, el método de la tendencia de las proporciones de Pickard es el que mejor se ajusta, en general, de acuerdo con los indicadores resumen. Es especialmente interesante el bajo porcentaje de proyecciones con errores por encima del 5% (comparativamente con

todas las estimaciones hechas), lo cual se observa también para el caso de Venezuela, pero aquí los altos porcentajes de error de unas pocas estimaciones, hacen que el valor del error medio se eleve, y sea el más alto dentro de los métodos considerados.

En el caso de Venezuela, el método que mejor se ajustó fué el del diferencial de crecimiento aunque las diferencias con el método de participación en el crecimiento, no son muy grandes.

Finalmente, el método de la proporción del Buró de Censos, arrojó resultados intermedios en ambos países.

Nótese que si el diferencial de crecimiento se asume constante durante todo el período de la proyección, la evolución de la población corresponde a una logística con asíntotas 0 y 1, como se puede ver al comparar los cuadros 2.6 y 2.7.

2.4 Análisis comparativo de los procedimientos empleados

Como se pudo apreciar en los numerales 2.2 y 2.3, tratar de definir cuál es el mejor procedimiento es algo muy complejo, pues ésto depende de la subárea, del país, de si se hacía la proyección en forma independiente, individual o corrigiendo las proyecciones de las subáreas para que reprodujeran el total del área mayor e, incluso, del tipo de medida que se utilizara para la evaluación.

Teniendo en cuenta lo anterior, y con el fin de llegar a algunas conclusiones generales, se consideró necesario hacer un análisis global de todos los procedimientos experimentados en este trabajo. Para ésto se escogieron dos medidas resumen: el error medio que se obtiene con cada metodología y el porcentaje de proyecciones malas, con errores extremos por encima del 10% (ya que puede ser preferible un método que arroje la mayor cantidad de resultados buenos, aunque los pocos malos tengan errores muy grandes).

En el cuadro 2.8 se presenta un resumen general a partir de los valores obtenidos para estas dos medidas, en todos los métodos y etapas en que fueron desarrollados; con base en éste se desprenden algunos resultados generales y otros más particulares.

2.4.1 Resultados globales

Cuando se proyecta la población en forma independiente, en general se obtienen menores errores que los que se encuentran cuando se hace

coincidir la suma de la proyección de población de las subáreas a la del área mayor, aunque los errores extremos disminuyen ligeramente.

A diferencia de lo que algunos autores piensan, si se dispone de la proyección del área mayor y se desea que la suma de las subáreas reproduzca ese valor, no necesariamente es mejor proyectar, por los métodos matemáticos, las proporciones en lugar de la población. Más aún, si se utiliza la ecuación exponencial, se obtienen exactamente los mismos resultados al proyectar en forma conjunta la población o las proporciones.

Si se desea proyectar en forma individual la proporción de una localidad, los resultados no van a diferir mayormente de los obtenidos una vez que se ajusten las proporciones a la unidad; incluso, si se proyecta la población, extrapolando individualmente las proporciones de población, con los polinomios de primer (lineal) o segundo grado, la suma de la población de las subáreas reproduce directamente la población del área mayor, por lo cual, si se requiere en un determinado momento la proyección de una subárea, al utilizar proporciones, el resultado puede no diferir o variar muy poco, de los que se obtendrían si se hicieran posteriormente, para todas las subáreas.

Al utilizar los métodos matemáticos tradicionales para proyectar la población directa o indirectamente, a partir de las proporciones, se obtienen mejores resultados con las curvas que utilizan sólo dos puntos.

Por su parte, los procedimientos que utilizan algunos criterios específicos para proyectar las proporciones o el diferencial del crecimiento, arrojan en general unos resultados muy similares a los que se obtienen con los métodos lineal, exponencial y logística, independientemente del número de datos que requieran.

2.4.2 Análisis considerando los métodos que arrojan los mejores resultados

Si se desea proyectar la población de las subáreas en forma independiente, se podría decir que la curva más adecuada es la exponencial, pues con ésta se lograron los mejores resultados en los dos países, sin embargo ésto no puede ser muy definitivo, pues las diferencias obtenidas entre ésta, la lineal y la logística de Murphy son poco significantes.

Al proyectar la población de las subáreas en forma conjunta, haciendo coincidir la suma de éstas con la población proyectada del área mayor, la exponencial continuó arrojando los mejores resultados en el caso de Venezuela, mientras que en el caso de Colombia, la lineal dió las mejores proyecciones, aunque las diferencias con los resultados de la logística

de Murphy y la exponencial no son muy grandes. A nivel total, los mejores resultados se obtienen con la logística de Murphy y la exponencial, cuyos errores son prácticamente los mismos.

La población de las subáreas proyectada en forma individual a partir de la proyección matemática de las proporciones, arroja muy pocas diferencias entre la lineal, la exponencial y la logística, independientemente de las asíntotas que se consideren; en el caso de Colombia, los resultados de todas éstas son muy similares considerando las dos medidas resumen. En el caso de Venezuela, de acuerdo al error medio, es mejor la lineal, pero la exponencial y la logística tienen menos valores extremos. A nivel total, ocurre lo mismo que en Venezuela.

Si se estima la población de las localidades en forma conjunta a partir de la proyección matemática de las proporciones, garantizando que éstas sumen uno, los resultados son muy similares a los anteriores, pero tanto la logística como la exponencial se mejoran un poco.

Al estimar la población por medio de los procedimientos que proyectan las proporciones de acuerdo con ciertos criterios, o que proyecta el diferencial de crecimiento, las mejores proyecciones a nivel total se logran con el método de Pickard de la participación en el crecimiento, aunque las diferencias entre los distintos procedimientos considerados aquí no son muy grandes. En el caso de Colombia, el método de la tendencia arrojó los mejores resultados y en el caso de Venezuela, las mejores proyecciones se lograron con los métodos de la participación en el crecimiento y con el diferencial de crecimiento, los cuales arrojaron el mismo error medio y desviaciones extremas. A nivel total, el mejor método resultó el de la participación en el crecimiento, tanto por el error medio como por el porcentaje de errores por encima del 10 por ciento.

En cuanto a los resultados obtenidos por la parábola de segundo grado, la exponencial modificada y la Gompertz, se observó que no resultaba muy adecuada su aplicación en forma general para proyectar la población en forma directa o a partir de la proyección de las proporciones e incluso, después de que los resultados eran ajustados al total "verdadero", ya que, tanto los errores medios como el número de proyecciones con valores extremos, resultaron superiores a los demás métodos.

En forma global, considerando los cinco grupos de proyecciones, para el total de los dos países, se lograron los mejores resultados, según el error medio, al aplicar la curva exponencial a la población, pues éste fue de 8.02%, aunque en el 40 % de las proyecciones su error fue superior al 10% y, de acuerdo con este último, los mejores resultados se lograron con el método de la participación en el crecimiento, cuyo porcentaje fué de solo 25% mientras que su error medio fué de 8.4%.

En el caso de Colombia, el menor error medio fué de 7.41%, obtenido con el método de la tendencia modificado, pero el menor porcentaje

de errores por encima del 10% (20%) fué obtenido con el método de la participación en el crecimiento.

Por su parte, en Venezuela las mejores estimaciones se lograron proyectando independientemente la población con la curva exponencial, encontrándose un error medio de 7.95%, y aunque el menor porcentaje (20%) de errores por encima del 10%, se logró con las curvas exponencial modificada y Gompertz, aplicadas a las proporciones ajustadas, este resultado parece totalmente fortuito si se consideran todos los demás resultados obtenidos con estas curvas.

Consideraciones finales y conclusiones

La proyección de la población de las áreas menores se dificulta debido a que suele presentar fluctuaciones en la tendencia del crecimiento, debido principalmente a tres razones:

- Variación de algún(os) componente(s) del crecimiento: la variable que más influye en el cambio o fluctuaciones que presenta el crecimiento de una localidad, es la migración, la cual depende en gran medida de la situación socio-económica por la que atraviesa una subárea o las localidades vecinas. Si fuese posible determinar cuáles subáreas son de atracción o de expulsión, ésto serviría para facilitar la decisión en el sentido de cuál curva utilizar en la proyección, pues en principio se puede decir que si la fecundidad ha disminuido a nivel general, posiblemente sea más indicado considerar una curva que implique este comportamiento, pero si alguna localidad está constituida en foco de atracción, seguramente sería más adecuado utilizar otro tipo de curva; adicionalmente, si se sabe de algún evento que pueda conducir a modificar una tendencia, se puede involucrar este conocimiento en la proyección.
- Diferencias en las coberturas censales en ciertas localidades: las diferencias en las coberturas censales es un gran problema, difícil de solucionar, debido a que el análisis de la cobertura censal se realiza a nivel nacional y/o a nivel regional y/o a nivel urbano-rural y/o desagregado entre las grandes ciudades y el resto, pero no a nivel de cada una de las áreas menores para las que se pueda requerir la proyección. Por lo tanto, para corregir los datos censales de las subáreas, se tendría que asumir que la cobertura de cada una de éstas es igual a la del área para la cual se haya hecho el análisis respectivo y aquí, entonces, cabría preguntarse si ésto es mejor, pues podría suceder que la no cobertura de una región se debiera por ejemplo al hecho de que no fue posible censar una subárea, pero el resto está "correctamente" censada.

- **Variación en los límites geográficos:** dado que especialmente las áreas menores pueden sufrir modificaciones en sus límites geográficos, se debe hacer una verificación, desagregación o reagrupación en las localidades que hayan sido afectadas.

Dados los tres aspectos anteriores, resultará muy conveniente, como algunos autores han recomendado, que en la elaboración de las proyecciones de áreas menores se involucren personas que conozcan lo que ha sucedido en éstas, cómo ha sido su desarrollo, y qué posibilidades tienen de crecimiento futuro.

Si lo anterior no es posible, de antemano se sabe que utilizando dos censos como información básica, se tendrán algunas proyecciones buenas y otras malas, pues las subáreas que hayan tenido y tengan en el futuro una suave evolución, independientemente del método empleado, arrojarán una buena proyección, mientras que aquellas áreas menores que cambien su tendencia, igualmente arrojarán malos resultados sin importar el método empleado.

De lo examinado anteriormente, se pueden concluir algunos puntos, que podrían ayudar en un momento dado en la decisión a cerca de qué métodos serían más adecuados para proyectar la población global de las subáreas, por métodos matemáticos (utilizando tanto la población como las proporciones), y cuáles no serían recomendables, al menos para subáreas de la población.

1. Todos los métodos conducen a errores grandes, pero en general los métodos que utilizan dos puntos, arrojan mejores resultados que los que utilizan tres puntos.
2. Las curvas de Gompertz y exponencial modificada no resultan muy adecuadas, pues éstas son muy sensibles al no cumplimiento de los supuestos para su aplicación y a las variaciones que se suelen presentar en la evolución de estas poblaciones.
3. La parábola de segundo grado, tampoco resulta satisfactoria, pues si bien es cierto que es más flexible en cuanto a las exigencias de la evolución que pudo haber tenido la población en el período que sirve para la estimación de los parámetros, en el período de la proyección ya no lo es, y por tanto, puede arrojar errores muy altos.
4. Los dos métodos sugeridos por Pickard, el de la tendencia de las proporciones y el de la participación en el crecimiento, resultan tal vez como los "mejores" métodos, y uno u otro pueden ser utilizados en la medida en que se disponga de tres o dos puntos respectivamente.

5. La curva logística, tanto para valores absolutos de población como para proporciones, en general presenta bastante buenos resultados, por lo cual también puede ser utilizada.
6. La curva exponencial, arroja unos resultados bastante buenos, que en muchas oportunidades resultaron ser los mejores.
7. La curva lineal, aunque teóricamente puede no ser muy buena, para un período corto, puede arrojar estimaciones aceptables.
8. Finalmente, la simplificación de la curva logística sugerida por Murphy, no resulta adecuada para proporciones.

Bibliografía

ARRIAGA, Eduardo E., Variaciones sobre un tema de la función logística. (Inédito)

COLOMBIA, Censos Nacionales de Población, 1951, 1964, 1973 y 1985.

GRANADOS, María del Pilar (1988), Técnicas de Proyecciones de Población de Areas Menores. Aplicación y evaluación. CELADE, Serie B-55, Santiago, Chile.

ISARD, Walter (1960), Methods of Regional Analysis. An introduction to regional science. The Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, U.S.A.

KAYANI, Ashraf (1980), Preparing subnational population projections: A manual for selected indirect methods, CELADE, Serie B, No. 48, Santiago, Chile.

LOTKA, Alfred J. (1939), Teoría analítica de las asociaciones biológicas, CELADE, Serie E, No. 5, Santiago, Chile.

MURPHY, Propuesta de Murphy para calcular la asíntota superior en la función logística para proyectar población. Presentada por W. Brass. Apuntes de Jorge L. Somoza.

NACIONES UNIDAS (1982), Estimates and projections of urban, rural and city populations, 1950-2025, The 1980 Assessment, ST/ESA/SER.R.45, New York.

— — — (1952), Métodos de cálculo de la población total para fechas corrientes, Manual I de "Manuales sobre métodos de cálculo de la población", ST/SOA/SER.A/10, Nueva York.

--- (1956), Métodos para preparar proyecciones de población por sexo y edad, Manual III, ST/SOA.A/SER.A.

---- (1975b), Métodos para hacer proyecciones de la población urbana y rural, Manual VIII, ST/ESA/SER.A/55, Nueva York.

PITTENGER, Donald (1976), Projecting state and local populations, Ballinger Publishing Company, Cambridge, Mass., USA.

PUJOL, José M. (1985), Apuntes de clase del curso "Proyecciones de Población", CELADE, Santiago, Chile.

--- y Chackiel, Juan (1982), Metodologías de las proyecciones de población urbana y rural y población económicamente activa elaboradas por CELADE. Documento presentado en el Seminario de Proyecciones de Población, San José, Costa Rica, en CELADE, "Métodos para proyecciones demográficas", Serie E, No.1003, San José, Costa Rica, 1984.

RINCON, Manuel, Estimaciones y proyecciones de población. CELADE, Serie B. No. 1010, San José, Costa Rica, 1984.

SHRYOCK, Henry S., Jacob, S., Siegel and Associates (1971), The methods and materials of demography. U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, U.S. Printing Office, Washington D.C., pág.775.

VENEZUELA, Censos Nacionales de Población, 1950, 1961, 1971 y 1981.

ZACHARIAH, K.C., Notes on Population Projections, Demographic Training and Research Centre, Chembur, Bombay, India. (Sin fecha, anterior a 1961).

Cuadro 2.1**Colombia, Antioquia, población y distribución de los municipios del Valle del Río Negro, por año del censo**

Municipios	Año del censo							
	1951		1964		1973		1985	
Población y distribución								
Valle del Río Negro	120.847	100.00	159.902	100.00	188.159	100.00	244.186	100.00
Carmen de Viboral	18.147	15.02	21.420	13.40	21.540	11.45	29.132	11.93
Concepción	4.327	3.58	5.536	3.46	5.934	3.15	6.077	2.49
Guarne	10.318	8.54	13.788	8.62	16.213	8.62	23.269	9.53
La Ceja	10.568	8.74	16.507	10.32	20.851	11.08	28.766	11.78
La Unión	6.531	5.40	10.666	6.67	11.047	5.87	13.313	5.45
Marinilla	14.273	11.81	17.466	10.92	22.368	11.89	31.310	12.82
Peñol	9.702	8.03	11.700	7.32	12.491	6.64	13.791	5.65
Rionegro	21.809	18.05	30.637	19.16	40.494	21.52	56.195	23.01
San Vicente	11.183	9.25	14.852	9.29	17.518	9.31	19.643	8.04
Santuario	13.989	11.58	17.330	10.84	19.703	10.47	22.690	9.29

FUENTE: Colombia, censos nacionales de población, 1951, 1964, 1973 y 1985.

Cuadro 2.2**Venezuela, población y distribución de los distritos del estado de Mérida por año del censo**

Distritos	Año del censo							
	1950		1961		1971		1981	
Población y distribución								
Mérida	211.110	100.00	270.668	100.00	347.095	100.00	459.361	100.00
Andrés Bello	6.457	3.06	18.853	6.97	26.370	7.60	31.645	8.89
Arzobispo Chacón	15.450	7.32	16.060	5.93	16.614	4.79	14.902	3.24
Campo Elías	24.766	11.73	26.598	9.83	31.615	9.11	37.009	8.06
Justo Briceño	13.078	6.19	18.721	6.92	21.148	6.09	20.762	4.52
Libertador	49.500	23.45	69.636	25.73	103.621	29.85	166.617	36.27
Miranda	11.309	5.36	16.294	6.02	19.491	5.62	24.631	5.36
Rangel	11.907	5.64	12.262	4.53	15.295	4.41	18.166	3.95
Rivas Dávila	15.594	7.39	15.251	5.63	16.100	4.64	16.958	3.69
Sucre	22.533	10.67	20.650	7.63	21.659	6.24	25.581	5.57
Tovar	40.516	19.19	56.343	20.82	75.182	21.66	103.090	22.44

FUENTE: Venezuela, censos nacionales de población, 1950, 1961, 1971 y 1981.

Cuadro 2.3

Error porcentual y algunas medidas resumen de las proyecciones de población de las áreas menores, por método, según país

Municipios	Método					
	Lineal	Murphy	Expo- nenc.	Grado-2	Exp. Mod.	Gom- pertz
Colombia						
Valle del Río Negro	-8.00	-5.82	-3.64	-7.61	-1.75	-0.40
Carmen de Viboral	-25.53	-25.62	-25.53	-34.68	-23.64	-23.68
Concepción	6.10	5.39	6.80	-3.00	0.96	0.69
Guarne	-16.87	-16.20	-14.11	-16.95	-14.21	-14.70
La Ceja	-8.02	-4.80	-1.99	-7.31	-6.96	-8.46
La Unión	-13.33	-13.81	-13.17	-36.53	-15.02	-15.15
Marinilla	-8.34	-4.54	-1.68	2.02	17.40	27.21
Peñol	-2.02	-2.68	-1.44	-7.47	-4.76	-4.99
Rionegro	-5.29	0.21	3.30	2.64	7.19	9.04
San Vicente	6.71	7.66	10.37	7.23	5.17	4.52
Santuario	0.34	0.33	2.49	0.46	0.08	-0.24
Error medio	9.25	8.12	8.09	11.83	9.54	10.87
>5% ^a	80.00	50.00	50.00	60.00	70.00	60.00
>10% ^a	30.00	30.00	40.00	30.00	40.00	40.00
desv.posit. ^a	30.00	40.00	40.00	40.00	40.00	30.00
mej. proy. ^{a,b}	0.00	10.00	50.00	0.00	20.00	10.00
peor proy. ^{a,b}	0.00	0.00	30.00	40.00	0.00	30.00
Venezuela						
Mérida	-8.92	-5.38	-3.35	-6.05	-1.70	1.58
Andrés Bello	5.49	11.12	13.96	-10.23	-3.60	-8.06
Arzobispo Chacón	14.96	14.48	15.07	14.45	14.74	14.73
Campo Elías	-1.93	-1.56	0.37	5.80	16.66	21.45
Justo Briceño	12.76	12.39	14.13	-2.55	6.54	5.92
Libertador	-18.78	-12.15	-9.90	-11.61	-7.42	-6.18
Miranda	-8.76	-8.31	-6.47	-16.23	-13.31	-14.23
Rangel	-0.23	1.21	3.47	13.26	79.72	155.43
Rivas Dávila	-0.39	-0.92	-0.14	6.16	-17.65	-16.95
Sucre	-11.65	-12.10	-11.48	-0.96	-17.36	-17.42
Tovar	-10.03	-6.86	-4.56	-7.94	-7.56	-8.39
Error medio	8.50	8.11	7.95	8.92	18.46	26.88
>5% ^a	70.00	70.00	60.00	80.00	90.00	100.00
>10% ^a	50.00	50.00	40.00	50.00	60.00	60.00
desv.posit. ^a	30.00	40.00	50.00	40.00	40.00	40.00
mej. proy. ^{a,b}	10.00	0.00	40.00	30.00	10.00	10.00
peor proy. ^{a,b}	20.00	0.00	30.00	10.00	10.00	30.00

^a Dado que se examinaron 10 subáreas tanto en Colombia como en Venezuela, estos porcentajes resultan en valores enteros. Por ejemplo 60.00 %, significa que en 6 de los 10 casos, ocurrió el suceso.

^b La suma horizontal reproduce el 100%.

Cuadro 2.4

Error porcentual y algunas medidas resumen, de las proyecciones de población de las áreas menores, controlando por el total del área mayor, por método, según país

Municipios	Método					
	Lineal	Murphy	Expo-nenc.	Grado-2	Exp. Mod.	Gom-pertz
Colombia						
Carmen de Viboral	-19.05	-21.02	-22.71	-29.30	-22.28	-23.37
Concepción	15.33	11.91	10.84	5.00	2.75	1.10
Guarne	-9.64	-11.02	-10.86	-10.11	-12.68	-14.36
La Ceja	-0.02	1.08	1.71	0.32	-5.30	-8.09
La Unión	-5.79	-8.48	-9.89	-31.30	-13.51	-14.81
Marinilla	-0.37	1.36	2.04	10.42	19.49	27.72
Peñol	6.50	3.33	2.28	0.16	-3.07	-4.61
Rionegro	2.95	6.41	7.21	11.09	9.10	9.48
San Vicente	15.99	14.32	14.55	16.07	7.05	4.94
Santuario	9.07	6.53	6.36	8.74	1.86	0.17
Error medio	8.47	8.54	8.85	12.25	9.71	10.86
±5% ^a	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	60.00
±10% ^a	30.00	40.00	40.00	60.00	40.00	40.00
desv.posit. ^a	50.00	70.00	70.00	70.00	50.00	50.00
mej. proy. ^{a,b}	60.00	0.00	0.00	10.00	0.00	30.00
peor proy. ^{a,b}	30.00	0.00	0.00	40.00	0.00	30.00
Venezuela						
Andrés Bello	15.82	17.44	17.90	-4.45	-1.93	-9.49
Arzobispo Chacón	26.21	20.99	19.06	21.82	16.72	12.94
Campo Elías	7.68	4.04	3.84	12.60	18.67	19.56
Justo Briceño	23.81	18.78	18.08	3.72	8.39	4.27
Libertador	-10.83	-7.15	-6.78	-5.92	-5.82	-7.64
Miranda	0.18	-3.09	-3.24	-10.84	-11.81	-15.56
Rangel	9.54	6.96	7.06	20.55	82.83	151.46
Rivas Dávila	9.37	4.71	3.32	12.99	-16.22	-18.25
Sucre	-3.00	-7.10	-8.41	5.41	-15.93	-18.70
Tovar	-1.21	-1.57	-1.25	-2.01	-5.96	-9.82
Error medio	10.76	9.18	8.89	10.03	18.43	26.77
±5% ^a	70.00	60.00	60.00	70.00	90.00	90.00
±10% ^a	40.00	30.00	30.00	50.00	60.00	60.00
desv.posit. ^a	70.00	60.00	60.00	60.00	40.00	40.00
mej. proy. ^{a,b}	30.00	10.00	20.00	10.00	20.00	10.00
peor proy. ^{a,b}	30.00	0.00	10.00	0.00	0.00	60.00

^a Dado que se examinaron 10 subáreas tanto en Colombia como en Venezuela, estos porcentajes resultan en valores enteros. Por ejemplo 60.00 %, significa que en 6 de los 10 casos, ocurrió el suceso.

^b La suma horizontal reproduce el 100%.

Cuadro 2.5

Error porcentual y algunas medidas estadísticas, de la estimación de la población a partir de la proyección de la proporción de población del área menor a la mayor, por método, según país

Municipios	Método						
	Lineal	Log.1 ^c	Log.2 ^c	Exponen.	Grado-2	Exp.Mod.	Gompertz
Colombia							
Valle del Río Negro	0.00	1.12	0.82	1.35	0.00	2.36	5.01
Carmen de Viboral	-25.13	-22.04	-22.49	-21.67	-33.40	-31.84	-29.02
Concepción	10.72	12.29	12.34	12.34	-0.33	-50.85	-32.51
Guarne	-9.66	-9.66	-9.66	-9.66	-10.50	-8.02	-8.02
La Ceja	2.38	2.99	2.88	3.09	-1.27	-0.55	-0.77
La Unión	-11.24	-8.81	-8.89	-8.67	-49.11	19.38	18.82
Marinilla	2.43	3.27	3.10	3.42	17.57	-17.93	-17.66
Peñol	2.03	3.56	3.49	3.66	-1.82	-4.37	-3.31
Rionegro	6.77	8.08	7.17	8.66	15.14	32.91	40.84
San Vicente	16.09	16.09	16.09	16.09	16.06	18.16	18.22
Santuario	7.60	7.77	7.75	7.80	9.61	7.58	7.54
Error. med.	9.40	9.46	9.39	9.51	15.48	19.16	17.67
5% ^a	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	80.00	80.00
10% ^a	40.00	30.00	30.00	30.00	60.00	60.00	60.00
d + ^a	70.00	70.00	70.00	70.00	40.00	40.00	40.00
mejor ^{a,b}	20.00	0.00	0.00	20.00	30.00	15.00	15.00
peor ^{a,b}	0.00	0.00	0.00	10.00	40.00	30.00	20.00
Venezuela							
Mérida	0.00	1.11	0.52	1.43	0.00	6.05	6.31
Andrés Bello	18.84	19.52	19.47	19.59	-27.11	11.70	11.29
Arzobispo Chacón	14.57	20.50	20.44	20.76	22.99	21.62	21.48
Campo Elías	4.74	5.27	5.22	5.33	19.21	9.95	9.72
Justo Briceño	17.80	19.65	19.58	19.77	-14.28	56.79	57.50
Libertador	-7.08	-6.19	-7.70	-5.44	-2.64	0.26	1.36
Miranda	-2.31	-1.88	-1.89	-1.85	-21.11	9.47	9.34
Rangel	8.51	8.58	8.58	8.59	32.55	11.13	11.09
Rivas Dávila	0.48	4.62	4.59	4.80	21.17	11.65	10.67
Sucre	-11.22	-7.33	-7.48	-7.10	18.26	1.47	0.28
Tovar	0.03	0.12	0.06	0.16	-3.46	-1.69	-1.74
Error. med.	8.56	9.37	9.50	9.34	18.28	13.57	13.45
5% ^a	60.00	70.00	70.00	70.00	80.00	70.00	70.00
10% ^a	40.00	30.00	30.00	30.00	80.00	50.00	50.00
d + ^a	70.00	70.00	70.00	70.00	50.00	90.00	90.00
mejor ^{a,b}	50.00	0.00	0.00	10.00	10.00	10.00	20.00
peor ^{a,b}	0.00	0.00	10.00	0.00	80.00	0.00	10.00

^a Dado que se examinaron 10 subáreas tanto en Colombia como en Venezuela, estos porcentajes resultan en valores enteros.

^b La suma horizontal reproduce el 100%.

^c La primera logística se definió con asíntotas cero y uno, mientras que la segunda logística se definió con asíntotas 0.002 y 0.5.

Cuadro 2.6

Error porcentual y algunas medidas resumen de las estimaciones de la población, a partir de la proyección de la proporción de población del área menor a la mayor, ajustadas a la unidad, por método, según país

Municipios	Error porcentual por método						
	Lineal	Log.1 ^c	Log.2 ^c	Expon.	Grado-2	Exp. Mod.	Gom-pertz
Colombia							
Carmen de Viboral	-25.13	-22.90	-23.12	-22.71	-33.40	-33.41	-32.41
Concepción	10.72	11.04	11.43	10.84	-0.33	-51.98	-35.73
Guarne	-9.66	-10.66	-10.39	-10.86	-10.50	-10.14	-12.41
La Ceja	2.38	1.84	2.05	1.71	-1.27	-2.84	-5.51
La Unión	-11.24	-9.82	-9.63	-9.89	-49.11	16.63	13.15
Marinilla	2.43	2.12	2.27	2.04	17.57	-19.82	-21.60
Peñol	2.03	2.41	2.65	2.28	-1.82	-6.57	-7.93
Rionegro	6.77	6.87	6.30	7.21	15.14	29.85	34.12
San Vicente	16.09	14.80	15.15	14.55	16.06	15.44	12.57
Santuario	7.60	6.58	6.87	6.36	9.61	5.10	2.41
Error. med.	9.40	8.91	8.99	8.85	15.48	19.18	17.78
>5% ^a	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	90.00	90.00
>10% ^a	40.00	40.00	40.00	40.00	60.00	70.00	70.00
d + ^a	70.00	70.00	70.00	70.00	40.00	40.00	40.00
mejor ^{a,b}	20.00	0.00	10.00	20.00	30.00	0.00	20.00
peor ^{a,b}	10.00	0.00	0.00	0.00	20.00	20.00	50.00
Venezuela							
Andrés Bello	18.84	18.22	18.85	17.90	-27.11	5.32	4.69
Arzobispo Chacón	14.57	19.19	19.82	19.06	22.99	14.69	14.28
Campo Elías	4.74	4.12	4.67	3.84	19.21	3.67	3.21
Justo Briceño	17.80	18.35	18.96	18.08	-14.28	47.84	48.15
Libertador	-7.08	-7.22	-8.18	-6.78	-2.64	-5.46	-4.65
Miranda	-2.31	-2.95	-2.40	-3.24	-21.11	3.23	2.85
Rangel	8.51	7.40	8.02	7.06	32.55	4.79	4.50
Rivas Dávila	0.48	3.48	4.05	3.32	21.17	5.28	4.10
Sucre	-11.22	-8.35	-7.96	-8.41	18.26	-4.32	-5.67
Tovar	0.03	-0.97	-0.46	-1.25	-3.46	-7.30	-7.57
Error. med.	8.56	9.02	9.34	8.89	18.28	10.19	9.97
>5% ^a	60.00	60.00	60.00	60.00	80.00	60.00	40.00
>10% ^a	40.00	30.00	30.00	30.00	80.00	20.00	20.00
d + ^a	70.00	60.00	60.00	60.00	50.00	70.00	70.00
mejor ^{a,b}	30.00	0.00	0.00	0.00	20.00	10.00	40.00
peor ^{a,b}	0.00	0.00	0.00	0.00	70.00	0.00	20.00

^a Dado que se examinaron 10 subáreas tanto en Colombia como en Venezuela, estos porcentajes resultan en valores enteros. Por ejemplo, 60% significa que en 6 de los 10 casos, ocurrió el suceso.

^b La suma horizontal reproduce el 100%.

^c La primera logística se definió con asíntotas cero y uno, mientras que la segunda logística se definió con asíntotas 0.002 y 0.5.

Cuadro 2.7

Error porcentual y algunas medidas resumen de las proyecciones por algunos métodos con criterios particulares, por método, según país

Municipios	Método			
	Proporc. Buró de censos	Tend.Prop. de Pickard modificada	Particip. crecim. Pickard	Dif.Crecim. Nac.Unidas Individual
Colombia				
Carmen de Viboral	-17.01	-16.64	-20.65	-22.90
Concepción	18.84	13.50	8.95	11.04
Guarne	-9.76	-8.43	-8.07	-10.66
La Ceja	1.69	2.83	1.88	1.84
La Unión	-0.47	3.52	-9.03	-9.82
Marinilla	-2.93	-3.53	1.87	2.12
Peñol	6.55	4.21	1.90	2.41
Rionegro	1.30	2.28	5.42	6.87
San Vicente	15.85	13.39	13.45	14.80
Santuario	8.07	5.81	6.49	6.58
Error medio	8.25	7.41	7.77	8.91
±5% ^a	60.00	50.00	70.00	70.00
±10% ^a	30.00	30.00	20.00	40.00
desv.posit. ^a	60.00	70.00	70.00	70.00
mejor proy. ^{a,b}	40.00	10.00	50.00	0.00
peor proy. ^{a,b}	40.00	20.00	0.00	40.00
Venezuela				
Andrés Bello	17.99	31.92	18.39	18.22
Arzobispo Chacón	18.38	19.35	16.97	19.19
Campo Elías	5.22	0.88	5.26	4.12
Justo Briceño	26.94	27.15	19.04	18.35
Libertador	-9.25	-10.06	-7.79	-7.22
Miranda	1.19	2.56	-1.92	-2.95
Rangel	8.34	1.27	8.70	7.40
Rivas Dávila	3.27	0.99	2.19	3.48
Sucre	-8.60	-12.13	-9.72	-8.35
Tovar	-0.69	-0.11	-0.25	-0.97
Error medio	9.99	10.64	9.02	9.02
±5% ^a	70.00	50.00	70.00	60.00
±10% ^a	30.00	50.00	30.00	30.00
desv.posit. ^a	70.00	70.00	60.00	60.00
mejor proy. ^{a,b}	20.00	40.00	10.00	30.00
peor proy. ^{a,b}	0.00	50.00	20.00	30.00

^a Dado que se examinaron 10 subáreas tanto en Colombia como en Venezuela, estos porcentajes resultan en valores enteros. Por ejemplo, 60.00 significa que en 6 de los 10 casos, ocurrió el suceso.

^b La suma horizontal reproduce el 100%.

Cuadro 2.8

Error medio y (número de desviaciones por encima del 10% de cada diez subáreas): resumen comparativo de todos los procedimientos utilizados

Método	La suma de las proyecciones de las subáreas					
	No reproducen el total			Reproducen el total		
	Colombia	Venezuela	Total ^a	Colombia	Venezuela	Total ^a
1. Población						
Lineal	9.25(3)	8.50(5)	8.88(4)	8.47(3)	10.76(4)	9.62(3.5)
Murphy	8.12(3)	8.11(5)	8.12(4)	8.54(4)	9.18(3)	8.86(3.5)
Exponen.	8.09(4)	7.95(4)	8.02(4)	8.85(4)	8.89(3)	8.87(3.5)
Grado-2	11.83(3)	8.92(5)	10.38(4)	12.25(6)	10.03(5)	11.14(5.5)
Exp. Mod.	9.54(4)	18.46(6)	14.00(5)	9.71(4)	18.43(6)	14.07(5)
Gompertz	10.87(4)	26.88(6)	18.88(5)	10.86(4)	26.77(6)	18.82(5)
2. Proporciones						
Lineal	9.40(4)	8.56(4)	8.98(4)	9.40(4)	8.56(4)	8.98(4)
Murphy	28.23(7)	36.07(8)	32.15(7.5)	30.95(8)	34.99(9)	32.97(8.5)
Logist-1 ^b	9.46(3)	9.37(3)	9.42(3)	8.91(4)	9.02(3)	8.97(3.5)
Logist-2 ^b	9.39(3)	9.50(3)	9.45(3)	8.99(4)	9.34(3)	9.17(3.5)
Exponen.	9.51(3)	9.34(3)	9.43(3)	8.85(4)	8.89(3)	8.87(3.5)
Grado-2	15.48(6)	18.28(8)	16.88(7)	15.48(6)	18.28(8)	16.88(7)
Exp. Mod.	19.16(6)	13.57(5)	16.37(5.5)	19.18(7)	10.19(2)	14.69(4.5)
Gompertz	17.67(6)	13.45(5)	15.56(5.5)	17.78(7)	9.97(2)	13.88(4.5)
Prop. Buró				8.25(3)	9.99(3)	9.12(3)
Tend. Mod.				7.41(3)	10.64(5)	9.03(4)
Part. Cre.				7.77(2)	9.02(3)	8.40(2.5)
Difer. Ind.				8.91(4)	9.02(3)	8.97(3.5)

FUENTE: Cuadros 2.3, 2.4, 2.5, 2.6 y 2.7.

^a El total representa el promedio entre Colombia y Venezuela.

^b La primera logística se definió con asíntotas 0 y 1 y la segunda con asíntotas 0.002 y 0.5.

Anexo

Resultados de las proyecciones de población por cada uno de los métodos utilizados

Cuadro A1

Colombia—Antioquia, Valle del Río Negro: Proyecciones matemáticas de la población, a 15 de octubre de 1985, por método, según municipio

Áreas menores	Procedimiento					
	Lineal	Murphy	Exponencial	Grado 2	Exp. Modif	Gompertz
Valle del Río Negro (suma)	224.644	229.967	235.286	225.598	239.918	243.205
Carmén de Viboral	21.695	21.669	21.696	19.028	22.245	22.234
Concepción	6.448	6.405	6.491	5.895	6.135	6.119
Guarne	19.344	19.500	19.985	19.324	19.963	19.848
La Ceja	26.460	27.384	28.192	26.662	26.765	26.333
La Unión	11.539	11.475	11.559	8.450	11.313	11.296
Marinilla	28.697	29.888	30.785	31.942	36.758	39.828
Peñol	13.512	13.421	13.592	12.761	13.134	13.103
Rionegro	53.221	56.313	58.051	57.676	60.238	61.278
San Vicente	20.960	21.148	21.680	21.064	20.659	20.530
Santuario	22.767	22.765	23.254	22.795	22.708	22.636

FUENTE: Cuadro 2.1

Cuadro A2

Venezuela—Mérida: Proyecciones matemáticas de la población a 20 de octubre de 1981, por método, según distrito

Áreas Menores	Procedimiento					
	Lineal	Murphy	Exponencial	Grado 2	Exp. Modif	Gompertz
Mérida (suma)	418.384	434.651	443.980	431.584	451.550	466.621
Andrés Bello	33.382	35.165	36.061	28.409	30.506	29.094
Arzobispo Chacón	17.131	17.060	17.148	17.055	17.098	17.096
Campo Elías	36.295	36.432	37.144	39.154	43.173	44.948
Justo Briceño	23.412	23.335	23.695	20.233	22.121	21.991
Libertador	135.321	146.381	150.127	147.279	154.252	156.316
Miranda	22.473	22.585	23.036	20.634	21.352	21.127
Rangel	18.124	18.386	18.797	20.574	32.648	46.402
Rivas Dávila	16.892	16.802	16.934	18.002	13.965	14.083
Sucre	22.600	22.487	22.645	25.335	21.139	21.125
Tovar	92.755	96.018	98.393	94.909	95.294	94.438

FUENTE: Cuadro 2.2

Cuadro A3

Colombia—Antioquia, Valle del Río Negro: Estimación de la población a partir de la proyección de la proporción de población de las áreas menores en la mayor, a 15 de octubre de 1985, por método, según municipio

Áreas menores	Procedimiento						
	Lineal	Exponencial	Grado 2	Exp.Modif	Gompertz	Log.1 ^a	Log.2 ^b
Valle Río Negro (suma)	244.186	247.481	244.186	249.941	256.427	246.932	246.186
Carmen de Viboral	21.812	22.820	19.403	19.856	20.679	22.712	22.581
Concepción	6.729	6.827	6.057	2.987	4.101	6.824	6.827
Guarne	21.021	21.021	20.825	21.402	21.402	21.021	21.021
La Ceja	29.451	29.653	28.401	28.608	28.544	29.626	29.596
La Unión	11.816	12.158	6.775	15.893	15.819	12.140	12.130
Marinilla	32.071	32.381	36.813	25.696	25.779	32.335	32.282
Peñol	14.071	14.296	13.540	13.189	13.334	14.282	14.272
Rionegro	59.997	61.060	64.705	74.692	79.147	60.734	60.225
San Vicente	22.804	22.804	22.797	23.210	23.222	22.804	22.804
Santuario	24.415	24.459	24.870	24.410	24.401	24.454	24.449

FUENTE: Cuadro 2.1

Notas:

^a asíntotas 0 y 1

^b asíntotas 0.002 y 0.5

Cuadro A4

Venezuela—Mérida: Estimación de la población a partir de la proyección de la proporción de población de las áreas menores a la mayor, a 20 de octubre de 1981, por método, según distrito

Distrito	Procedimiento						
	Lineal	Exponencial	Grado 2	Exp.Modif	Gompertz	Log.1 ^a	Log.2 ^b
Total	459.361	465.929	459.361	487.152	488.331	464.437	461.745
Andrés Bello	37.607	37.844	23.066	35.346	35.217	37.823	37.806
Arzobispo Chacón	17.074	17.996	18.328	18.124	18.103	17.957	17.948
Campo Elías	38.763	38.981	44.117	40.690	40.606	38.960	38.939
Justo Briceño	24.459	24.866	17.797	32.552	32.700	24.842	24.828
Libertador	154.817	157.548	162.213	167.053	168.881	156.295	153.782
Miranda	24.062	24.175	19.432	26.964	26.931	24.169	24.165
Rangel	19.712	19.726	24.079	20.187	20.181	19.725	19.725
Rivas Dávila	17.039	17.772	20.549	18.934	18.767	17.742	17.736
Sucre	22.712	23.764	30.253	25.957	25.652	23.705	23.666
Tovar	103.116	103.258	99.527	101.344	101.292	103.217	103.150

FUENTE: Cuadro 2.2

Notas:

^a asíntotas 0 y 1

^b asíntotas 0.002 y 0.5

Cuadro A5

Colombia-Antioquia, Valle del Río Negro: Proyección de la población de las áreas menores, a 15 de octubre de 1985, por método, según municipio

Municipio	Procedimiento			
	Proporc. Buró de censos	Tendencia prop.mod. Pickard	Participac. crecimiento Pickard	Dif. Crec. Individual Nac.Unidas
Carmen de Viboral	24.176	24.285	23.117	22.459
Concepción	7.222	6.897	6.621	6.748
Guarne	20.997	21.308	21.392	20.788
La Cèja	29.251	29.581	29.308	29.297
La Unión	13.250	13.782	12.111	12.005
Marinilla	30.392	30.205	31.896	31.975
Peñol	14.694	14.372	14.054	14.123
Rionegro	56.924	57.474	59.241	60.058
San Vicente	22.757	22.273	22.285	22.550
Santuario	24.522	24.008	24.163	24.182

FUENTE: Cuadro 2.1

Cuadro A6

Venezuela-Mérida: Proyecciones de la población de las áreas menores a 20 de octubre de 1981, por método, según distrito

Distrito	Procedimiento			
	Proporc. Buró de censos	Tendencia Prop.Mod. Pickard	Participac. crecimiento Pickard	Dif. Crec. Individual Nac.Unidas
Andrés Bello	37.339	41.745	37.463	37.410
Arzobispo Chacón	17.641	17.785	17.431	17.761
Campo Elías	38.942	37.335	38.957	38.534
Justo Briceño	26.355	26.399	24.714	24.571
Libertador	151.205	149.856	153.630	154.587
Miranda	24.925	25.261	24.159	23.905
Rangel	19.681	18.396	19.747	19.510
Rivas Dávila	17.512	17.126	17.329	17.548
Sucre	23.381	22.479	23.094	23.446
Tovar	102.380	102.979	102.837	102.089

FUENTE: Cuadro 2.2

El modelo multi-regional simplificado y otras técnicas de proyección regional, ilustradas con datos brasileros y chilenos ¹

Ralph Hakkert ²

Introducción

Cualquier proyección de población es, en el fondo, una extrapolación. Lo que varía son la complejidad de los modelos demográficos utilizados y la medida en que se incorporan elementos exógenos. Las proyecciones por componentes son, indudablemente, conceptualmente más ricas y pueden conducir a resultados distintos a simples extrapolaciones matemáticas basadas en la tendencia pasada del crecimiento poblacional;

¹ Traducción libre hecha por M. Isabel Fernández Cristovao, Universidad de los Andes.

² CEDEPLAR, Belo Horizonte, Brasil.

sin embargo, si las hipótesis de mortalidad, fecundidad y migración son obtenidas a través de extrapolaciones, el resultado final no deja de ser también una extrapolación.

Una proyección cuidadosa a nivel nacional normalmente recurre a alguna información no demográfica, por más rudimentaria que sea, a través de hipótesis sobre el futuro comportamiento de los componentes demográficos. A su vez, éstas se basan en extrapolaciones de variables no demográficas. A nivel regional o local, donde las informaciones son más difíciles de obtener y extrapolar, se recurre frecuentemente a extrapolaciones demográficas cerradas, complementadas por una proyección nacional, que sirve como norma externa a la cual las proyecciones regionales necesitan adaptarse, ya que su suma debe corresponder al total nacional. El presente trabajo analiza diversas extrapolaciones de este tipo, que suponen la existencia de una proyección nacional y la desagregan en componentes regionales. Todas comparten la característica de no contemplar hipótesis explícitas apoyadas en elementos no demográficos, pero su complejidad varía considerablemente, desde simples extrapolaciones de tasas de crecimiento, hasta un modelo multi-regional simplificado, que incorpora una amplia gama de relaciones entre los componentes demográficos.

En la selección del modelo más apropiado para una proyección regional o local, pesan, básicamente, dos consideraciones: la capacidad del modelo para captar todos los aspectos relevantes de la dinámica poblacional y la factibilidad práctica de obtener las informaciones necesarias para alimentarlo. La primera consideración conduce a modelos más complejos, mientras que la segunda obliga al demógrafo a introducir simplificaciones. En este contexto, es importante resaltar que la estimación de parámetros demográficos para fines de proyección no obedece a los mismos criterios que se aplican en el análisis de una situación actual. En la proyección demográfica, la estimación de parámetros corrientes es, hasta cierto punto, secundaria. Aunque ninguna proyección puede ser realizada sin un conocimiento mínimo de la dinámica actual, ésta es apenas un punto de partida para la previsión de su comportamiento futuro. Antes de preguntar cuál es la precisión con que los datos de entrada pueden ser medidos, se debe indagar cuál es su papel dentro del modelo y hasta qué punto su comportamiento futuro es previsible con base en informaciones corrientes. Se puede dudar, por ejemplo, de la racionalidad de una inversión muy grande en la medición del patrón etéreo de la fecundidad regional cuando éste, en realidad, tiene un efecto mínimo sobre las poblaciones proyectadas. Por otra parte, el establecimiento correcto del saldo migratorio por sexo y edad, que potencialmente pesa mucho más en la dinámica demográfica regional, necesita un análisis más detallado de lo que normalmente se hace.

Es necesario cierto equilibrio entre el realismo y la factibilidad práctica de un modelo. En opinión del autor, la tendencia actual de la demografía

en el Tercer Mundo es de dar, a veces, una importancia exagerada a la calidad de las informaciones de entrada, a costa de una preocupación sistemática con la representación realista de la dinámica subyacente. Caricaturizando un poco, se puede decir que a veces el demógrafo opta por modelos con supuestos claramente absurdos, a cambio apenas de una mayor facilidad en la determinación de los datos necesarios referentes al período base. Serán demostradas las ventajas de modelos más realistas, aunque se necesite hacer algunas concesiones con respecto a los datos de entrada. La introducción de elementos demográficos adicionales no es un simple "precisionismo", pero puede redundar en diferencias sustanciales en las proyecciones regionales. Este es el caso, por ejemplo, de la metodología multiregional. Aunque esté más divulgada en los países desarrollados, la aplicación simplificada de este modelo en el Tercer Mundo, es perfectamente viable y tiene ventajas significativas sobre métodos más tradicionales.

Con excepción de la última sección, el presente trabajo se limitará a la proyección de la participación relativa de las regiones en la población nacional, sin especificaciones de los patrones etéreos. Ello, porque varios de los métodos discutidos tradicionalmente no son especificados por sexo y edad, y porque una proyección regionalizada debe privilegiar la dimensión espacial sobre la dimensión etérea. Las ventajas de la desagregación por sexo y edad serán comentadas al final del trabajo. Algunas implicaciones de modelos alternativos son demostrables en el corto plazo. Sin embargo, las principales diferencias son más evidentes a largo plazo. Por ello, se optó por un horizonte más distante de lo que es común en trabajos de este género. Con base en la Hipótesis 2 de la proyección nacional de largo plazo preparada por Carvalho (1988), serán calculadas las participaciones de las cinco macro-regiones del Brasil en 1990, 2000, 2050, 2100 y la participación límite, donde ésta se encuentre implícita en la metodología. Una breve discusión de la dinámica regional de la población chilena servirá apenas como ejemplo de la mayor facilidad otorgada por una pregunta del censo sobre el lugar de residencia en algún momento fijo del pasado para la determinación de la matriz de transiciones utilizada en el método multiregional. Aunque un algoritmo introducido en la penúltima sección del trabajo resuelva el problema parcialmente, la ausencia de esta pregunta en el censo brasileiro de 1980 aún constituye un obstáculo para la aplicación eficiente de este método.

Extrapolaciones

de las tendencias de crecimiento

de la población total

La extrapolación de tendencias pasadas del crecimiento es hasta hoy el procedimiento más común para desagregar una proyección nacional en sus componentes regionales. En esta categoría general, los métodos se basan completamente en las poblaciones observadas del período base. Se puede distinguir también entre los que distribuyen las propias poblaciones y los que reparten los incrementos absolutos de estas poblaciones.

La primera subcategoría es a veces llamada "Extrapolaciones matemáticas puras", mientras que la segunda es generalmente conocida como "apportionment" o "participación en el crecimiento".

Cuadro 1

Composición regional de la población brasileira, proyectada a través de una extrapolación exponencial, con ajuste proporcional del resultado para garantizar la consistencia

	N	NE	SE	S	CO	
1970	3.87	30.18	42.79	17.71	5.45	Observado
1980	4.94	29.25	43.47	15.99	6.34	
1990	6.27	28.17	43.88	14.35	7.33	Proyectado
2000	7.90	26.94	43.97	12.78	8.42	
2050	21.78	18.71	38.67	6.23	14.61	
2100	44.35	9.60	25.09	2.24	18.72	
Límite %	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

En la subcategoría de extrapolaciones matemáticas puras, los métodos más conocidos son las extrapolaciones exponencial y logística. La exponencial puede ser aplicada tanto a los tamaños absolutos como a las participaciones relativas de las poblaciones: el resultado es el mismo. La extrapolación logística también puede ser aplicada a ambas, pero en este caso los resultados no son idénticos. Aquí la discusión se limita al método recomendado por las Naciones Unidas (1974), que actúa sobre las participaciones relativas. Las participaciones de todas las po-

blaciones regionales en los años base (1970 y 1980) son transformadas, en el caso de la exponencial por una función logarítmica y en el caso de la logística por una función "logital". Los resultados son extrapolados linealmente y nuevamente transformados, por las funciones inversas de las anteriores: exponencial o logística. Finalmente, se garantiza la consistencia de los resultados, ajustándolos proporcionalmente al total de 100%. Para obtener números absolutos, las proporciones aún pueden ser expandidas, multiplicándolas por la proyección de la población total.

Las extrapolaciones exponencial y logística, son parecidas en su lógica y resultados. Se puede demostrar fácilmente que la logística es, en el fondo, una versión ponderada de la exponencial. Indicando la participación de la región i en el año t como $p(i,t)$, su población como P_{it} , la población total como P_t y los años base como 0 y 1, la extrapolación exponencial es:

$$p(i,t) = \frac{P_{i1}^t}{P_{i0}^{t-1}} / \sum_i \frac{P_{i1}^t}{P_{i0}^{t-1}} \quad (1)$$

mientras que la extrapolación logística es:

$$p(i,t) = w_i \frac{P_{i1}^t}{P_{i0}^{t-1}} / \sum_i w_i \frac{P_{i1}^t}{P_{i0}^{t-1}}$$

$$\text{con } w_i = 1 / \left(\frac{P_{i1}^t}{P_{i0}^{t-1}} + \frac{(P_1 - P_{i1})^t}{(P_0 - P_{i0})^{t-1}} \right)$$

El peso w_i es el inverso de la suma de la población de i , proyectada exponencialmente para el año t (sin ajuste al final para garantizar la consistencia) y de la población del resto del país, proyectada con base en el mismo criterio. Debido a esta estructura, donde aparecen las tasas de crecimiento de cada región, así como de su complemento, la extrapolación logística es, a veces, llamada "método de los diferenciales de crecimiento" (ver el trabajo de García y Rincón presentado en esta misma publicación). Si existen apenas dos regiones (por ejemplo, urbana y rural), se verifica fácilmente que $w_1 = w_2$, de modo que las extrapolaciones exponencial y logística dan el mismo resultado. Habiendo más de dos regiones, el efecto del peso w_i es de atenuar el crecimiento de las regiones con las tasas de crecimiento más elevadas en el período base. El mayor "conservatismo" de la extrapolación logística puede ser verificado en los Cuadros 1 y 2. Mientras que las tasas de crecimiento futuro de las Regiones Norte, Sureste y Centro-Oeste son más bajas en el Cuadro 2 que en el Cuadro 1, la desocupación de las Regiones Nordeste y Sur en esta extrapolación es más lenta.

Una implicación tanto de la extrapolación exponencial como de la logística, es que la población camina inexorablemente hacia una concentración total en la región con la más alta tasa de crecimiento en el período base, en este caso la Región Norte. En la proyección logística, este proceso se da más lentamente que en la exponencial, pero a largo plazo el resultado es el mismo. A mediano plazo, la consecuencia de esta concentración desenfrenada es la exageración del crecimiento de las regiones en expansión, más acentuado en la exponencial y un poco atenuado en la logística.

Cuadro 2

Composición regional de la población brasileira, proyectada a través de una extrapolación logística de las participaciones relativas, con ajuste proporcional para garantizar la consistencia.

	N	NE	SE	S	CO
1970	3.87	30.18	42.79	17.71	5.45 Obser-
1980	4.94	29.25	43.47	15.99	6.34 vado
1990	6.25	28.18	43.91	14.33	7.32 Proyec-
2000	7.83	26.97	44.07	12.74	8.39 tado
2050	19.75	19.38	40.27	6.22	14.39
2100	32.94	12.20	32.37	2.61	19.88
Límite %	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Hay innumerables variaciones sobre el tema de las extrapolaciones matemáticas, que no serán analizadas aquí. Apenas una variante de la extrapolación exponencial debe ser mencionada, debido a su relación con modelos que serán introducidos más adelante. Se trata de la extrapolación exponencial con "tasas proporcionales de crecimiento". Una razón del comportamiento explosivo de la extrapolación exponencial, es el mecanismo de compatibilización con la proyección nacional. La fórmula (1) puede ser escrita como:

$$p(i,t) = p_{i1} \exp(r_i(t-1) - \lambda),$$

$$\text{con } r_i = (P_{i1} / P_{i0}) \text{ y } \lambda = \ln \left(\sum_i P_{i1}^t / P_{i0}^{t-1} \right) \quad (3)$$

Ello significa que la compatibilización al final equivale a una disminución λ de todos los términos $r_i(t-1)$. Como esta operación mantiene los diferenciales absolutos entre los términos, el método proyecta tasas muy distintas de crecimiento sobre un período a veces largo. Especialmente en una población que a largo plazo tiende hacia una situación estacio-

naria, sería más realista, tal vez, efectuar el descuento proporcional no sobre las poblaciones proyectadas, sino sobre los términos $r_i(t-1)$. Ello supone una convergencia gradual de todas las tasas de crecimiento para alcanzar una población total compatible con la proyección nacional. La siguiente fórmula expresa esta idea:

$$P_{it} = P_{i1} \exp(\lambda r_i(t-1)), \text{ con } r_i = \ln(P_{i1} / P_{i0}) \quad (4)$$

donde λ es el factor de reducción. Si $\lambda = 1$, cada región mantiene el crecimiento del período base. Si $\lambda = 0$, no hay crecimiento en ninguna región. Valores intermedios indican una reducción proporcional en todas las tasas regionales. Se busca entonces, a través de una selección apropiada de λ , adecuar el crecimiento de las regiones a la población nacional.

De modo distinto al de los métodos basados en descuentos proporcionales de las poblaciones proyectadas, esta variante condiciona la distribución regional por la población nacional. Como en todo el trabajo se usó la proyección nacional de Carvalho (1988), que prevé poblaciones de 145.896 millones en 1990, 170.266 millones en 2000, 243.814 millones en 2050 y 250.115 millones en 2100. El Cuadro 3 muestra que la fórmula (4) evita el crecimiento excesivo de las regiones en expansión, evidente en los Cuadros 1 y 2. Específicamente, se elimina toda la tendencia de concentrar toda la población en la región Norte. En la medida que la población nacional alcanza la estacionalidad, λ tiende a 0 y todas las regiones paran de crecer. A pesar de la mayor estabilidad obtenida por esta característica, una propiedad poco deseable del modelo es la de no contemplar transferencias líquidas entre las regiones en una población que no es estacionaria a nivel nacional. Otra característica poco deseable se hace evidente cuando la población nacional aumenta en algunos períodos y disminuye en otros. En este caso, las regiones que crecieron más rápidamente en los períodos de expansión serán las que disminuirán más rápidamente en los períodos de contracción.

Cuadro 3

Composición regional de la población brasileira, proyectada a través de una extrapolación exponencial, con ajuste proporcional de las tasas de crecimiento para garantizar la consistencia

	N	NE	SE	S	CO
1970	3.87	30.18	42.79	17.71	5.45 Obser-
1980	4.94	29.25	43.47	15.99	6.34 vado
1990	6.00	28.39	43.83	14.65	7.14 Proyec-
2000	6.91	27.68	43.96	13.68	7.77 tado
2050	9.40	25.86	43.81	11.61	9.32
2100	9.60	25.73	43.77	11.47	9.44

Límite: depende de la trayectoria del crecimiento nacional.

El "Apportionment"

y sus variaciones

Una limitación de todos los métodos anteriores, y principalmente de la extrapolación exponencial, es la dependencia de una división geográfica específica. Este es un problema que ha sido muy discutido en la literatura (ver Keyfitz, 1977: 14-18). La desagregación de una región en dos nuevas solamente no afecta la proyección, si las tasas de crecimiento de ambas son iguales. En caso contrario, la suma de las dos nuevas regiones tendrá una mayor participación que la región original. La característica de no variación en relación a la desagregación geográfica es una de las principales ventajas del "apportionment" o "participación en el crecimiento". La no variación es muy útil para aplicaciones en diferentes niveles de agregación, pues el resultado no depende del proceso de desagregación sucesiva. La técnica más conocida en esta subcategoría es el "apportionment simple", o asignación proporcional del crecimiento absoluto de acuerdo con las proporciones del período base, que es debida a Pickard. En el Brasil, donde fue introducida por Madeira y Simoes (1972) y donde sirve hasta hoy como fundamento de las desagregaciones regionales y locales realizadas por la Fundación IBGE, la técnica es conocida como Ai/Bi. Para aplicarla, se calcula la participación de cada región en el crecimiento absoluto de la población total en el período base y se supone que esta participación se mantendrá constante.

El método es "conservador", ya que proyecta las participaciones relativas a límites determinados por la distribución de incrementos absolutos en el período base. Ello evita que una región pequeña en rápido crecimiento a largo plazo absorba la población entera. A mediano plazo, las redistribuciones indicadas en el Cuadro 4 también son modestas, si son comparadas con los Cuadros 1 y 2. En la práctica política y administrativa, los sesgos resultantes de errores de proyección son asimétricos, y esta asimetría favorece una conducta conservadora por parte del demógrafo. En efecto, una ruptura marcada con la tendencia pasada que no fue prevista por la proyección, puede ser fácilmente justificada, pero muchas dudas surgirán sobre la competencia del autor de una previsión que sugiere rupturas nítidas con el pasado, y que finalmente no ocurren.

Además de la característica anterior, el "conservatismo" del "apportionment" explica su popularidad. Sin embargo, el método tiene varias implicaciones irreales:

1. Su "conservatismo" es frecuentemente excesivo. Una región pequeña en rápida expansión absorbe una parcela modesta del crecimiento absoluto de la población nacional, y no siempre es realista fijar los límites del crecimiento a largo plazo en función de este criterio.

2. Como en el caso de la extrapolación exponencial con tasas proporcionales (4), el condicionamiento del crecimiento regional por el nacional puede llevar a resultados lógicamente inconsistentes. Por ejemplo, una región que mantuvo un crecimiento positivo durante el año base, mientras que la población nacional disminuyó, pasará a perder población si, en los próximos períodos, la población nacional vuelve a crecer.
3. Otro paralelo con (4) es la imposibilidad de redistribuciones regionales en una población que, a nivel nacional, es estacionaria.
4. En un sistema donde regiones con tasas elevadas de crecimiento vegetativo mandan migrantes hacia regiones con un crecimiento vegetativo más lento, ambos modelos suponen una relación positiva entre el ritmo de distribución poblacional y el ritmo de crecimiento nacional cuando, lógicamente, la relación debería ser negativa.
5. En regiones donde la tendencia de crecimiento en el período base es opuesta a la nacional, fácilmente surgen poblaciones negativas en la proyección. Aplicada a la distribución de la población brasilera por situación de residencia, por ejemplo, con base en la década del 70, el método a mediano plazo prevé una población rural negativa (Hakkert, 1988).

Cuadro 4

Composición regional de la población brasilera, proyectada a través del "apportionment"

	N	NE	SE	S	CO
1970	3.87	30.18	42.79	17.71	5.45 Obser-
1980	4.94	29.25	43.47	15.99	6.34 vado
1990	5.65	28.64	43.92	14.85	6.94 Proyec-
2000	6.10	28.25	44.21	14.13	7.31 tado
2050	6.92	27.54	44.73	12.82	7.99
2100	6.96	27.50	44.76	12.75	8.03

Límite: depende de la tendencia de crecimiento de la población nacional. En el caso hipotético de un crecimiento hacia el infinito, la distribución regional límite sería la siguiente:

8.80%	25.91%	45.93%	9.80%	9.56%

Algunas variaciones del método, solucionan uno o más de estos problemas. Una de ellas es el método de Van Lohuizen y Delfgaauw (ver ter Heide, 1981). Este supone que todos los intervalos tienen el mismo tamaño del período base, y que la proyección es efectuada secuencial-

mente, un período tras otro. Las poblaciones regionales en el inicio de un período reciben primero un incremento correspondiente al crecimiento absoluto verificado durante el período anterior. Luego, se calcula la diferencia entre el crecimiento absoluto a nivel nacional en este período y en el anterior. Esta diferencia es distribuida proporcionalmente a los tamaños de las poblaciones regionales en el inicio del período. El resultado es el siguiente:

$$(P_{it(t+1)}) = P_{it} + (P_{it} - P_{i(t-1)}) + P_{it} / P_t ((P_{t+1} - P_t) - (P_t - P_{t-1}))$$

(5)

Así, los resultados no son afectados por los problemas 1 y 3. La posibilidad de poblaciones negativas, sin embargo, continúa existiendo. Otra desventaja del método es la de no contar con límites intrínsecos para las participaciones regionales a largo plazo. Si la población nacional tiende hacia la estacionalidad, la implicación del método es, inclusive, que las regiones con participaciones declinantes a largo plazo tendrán poblaciones negativas, mientras que las demás tenderán hacia el infinito. Si todas las regiones crecen en términos absolutos, las extrapolaciones a corto y mediano plazo son parecidas con las del Cuadro 4, como lo indica el Cuadro 5.

Cuadro 5

Composición regional de la población brasileira, proyectada a través de "apportionment" con distribución prorata del cambio en el crecimiento total absoluto (Van Louhizen-Delfgaauw)

	N	NE	SE	S	CO
1970	3.87	30.18	42.79	17.71	5.45 Obser-
1980	4.94	29.25	43.47	15.99	6.34 vado
1990	5.63	28.66	43.91	14.89	6.91 Proyec-
2000	6.10	28.25	44.21	14.13	7.31 tado
2050	7.42	27.11	45.05	12.02	8.40
2100	8.38	26.27	45.67	10.47	9.21

Límite: depende de la trayectoria y del tamaño de la población nacional a largo plazo. En el caso de una población nacional que tiende hacia un límite superior, las regiones crecientes tienden hacia el infinito y las decrecientes hacia menos infinito.

Métodos que distinguen entre el crecimiento vegetativo y el migratorio

En proyecciones nacionales, principalmente en países como Brasil donde la migración internacional no es un factor preponderante, los principales componentes de la dinámica demográfica son la mortalidad y la fecundidad. La migración interna interfiere apenas indirectamente, en la medida que puede transferir población de áreas de alta fecundidad hacia áreas de baja fecundidad y, de este modo, modificar el ritmo de crecimiento nacional. Por otra parte, en proyecciones regionales la distinción principal, especialmente cuando no se pretende una desagregación por edad y sexo, es entre el crecimiento vegetativo de cada región y los incrementos migratorios recibidos del resto del país. La distinción entre los efectos de la fecundidad y de la mortalidad, en este caso, es secundaria.

En el Brasil se observaron las siguientes tasas de crecimiento decenal entre 1970 y 1980: 63.18% en la Región Norte, 23.85% en el Nordeste, 29.82% en el Sureste, 15.37% en el Sur y 48.74% en el Centro-Oeste. Gran parte de las diferencias regionales se debieron a la migración. Una proyección de las poblaciones regionales a través de sus tasas de fecundidad y mortalidad, compatibilizada al final para garantizar el mismo crecimiento nacional, conduciría a los siguientes resultados: un crecimiento de 43.97% en la Región Norte, 33.62% en el Nordeste, 22.42% en el Sureste, 25.68% en el Sur y 32.83% en el Centro-Oeste. Por lo tanto, se puede afirmar que 30.4% del crecimiento de la Región Norte, 24.8% del crecimiento de la Región Sureste y 32.64% del crecimiento de la Región Centro-Oeste fué debido directa o indirectamente a la migración, mientras que el Nordeste perdió 29.86% y el Sur 40.15% de su crecimiento vegetativo para las demás regiones.

En una época en la cual la dinámica demográfica regional está pasando por una convergencia del crecimiento vegetativo hacia niveles relativamente bajos, como sucede en el Brasil, es cada vez más importante hacer una distinción entre los efectos de estos dos procesos, pues en la medida que el crecimiento vegetativo tiende a tener un impacto cada vez menor sobre los diferenciales regionales, los efectos de la migración tienden a acentuarse. Como ya se indicó anteriormente, esta lógica va justamente en el sentido contrario al del comportamiento implícito en

el "apportionment". Como consecuencia de ello, parece probable que los problemas inherentes a este método se harán más evidentes en el futuro de lo que ha sido en el pasado.

Dos modelos del crecimiento demográfico regional agregado que distinguen entre los componentes vegetativo y migratorio serán discutidos aquí. Se trata de los modelos "aditivo" y "multiplicativo". El primero corresponde al supuesto de saldos migratorios constantes frecuentemente efectuado en proyecciones por componentes y puede ser indicado como:

$$P_{i(t+1)} = (1 + \lambda V_i) P_{it} + S_i \quad (6)$$

El segundo supone tasas constantes de crecimiento migratorio líquido:

$$P_{i(t+1)} = (1 + \lambda V_i) P_{it} M_i \quad (7)$$

Donde: V_i significa la tasa decenal de crecimiento vegetativo de la región i en el período base, si el saldo migratorio, M_i , es la razón entre el crecimiento relativo observado y esperado con base en la mortalidad y fecundidad de la región, y λ indica el descenso del crecimiento vegetativo, del mismo modo como en (4).

En el período base $\lambda = 1$, y en la medida que el crecimiento vegetativo se acerca a 0, λ también tiende a 0. Una implicación de la formulación específica escogida aquí es que las disminuciones del crecimiento vegetativo en las diferentes regiones ocurrirán proporcionalmente a su nivel actual. Sin embargo, este supuesto no es esencial y, del mismo modo como en (4), otras variaciones pueden ser formuladas.

Ambos métodos deben ser aplicados secuencialmente. La implementación es más fácil si todos los intervalos tienen la misma duración del período base. A través del parámetro λ se busca adecuar el crecimiento vegetativo de las regiones en un determinado período a la proyección nacional. Una vez que se encuentre un valor de λ que garantice la consistencia, las poblaciones regionales son proyectadas para el próximo período, donde el proceso se repite. Siempre con base en las proyecciones nacionales de Carvalho (1988), los Cuadros 6 y 7 muestran los resultados en el caso de los modelos aditivo y multiplicativo, respectivamente.

A pesar de su mayor realismo, estos modelos, que son versiones simplificadas de las proyecciones por componentes, no dejan de tener sus problemas, que son los tradicionalmente encontrados en la aplicación del método de los componentes a un sistema regional. La variación "aditiva" posee la ventaja de la consistencia, pues la suma de los saldos S_i es 0, de tal forma que toda la migración líquida positiva en una región, tiene una contrapartida negativa en las demás. El principal problema,

Cuadro 6

Composición regional de la población brasileira, proyectada a través del modelo de crecimiento vegetativo variable, con un término aditivo constante para el saldo migratorio

	N	NE	SE	S	CO
1970	3.87	30.18	42.79	17.71	5.45 Obser-
1980	4.94	29.25	43.47	15.99	6.34 vado
1990	5.94	28.47	43.91	14.59	7.10 Proyec-
2000	6.82	27.65	44.37	13.41	7.74 tado
2050	10.09	23.58	47.07	9.22	10.05
2100	11.29	17.91	53.34	5.84	11.62
Límite	0.00 %	0.00 %	100.00 %	0.00 %	0.00 %

Cuadro 7

Composición regional de la población brasileira, a través del modelo de crecimiento vegetativo variable, como factor multiplicativo constante para la tasa de migración líquida.

	N	NE	SE	S	CO
1970	3.87	30.18	42.79	17.71	5.45 Obser-
1980	4.94	29.25	43.47	15.99	6.34 vado
1990	6.15	27.96	44.22	14.39	7.28 Proyec-
2000	7.41	26.30	45.12	12.91	8.25 tado
2050	13.41	16.20	50.22	7.16	13.00
2100	16.83	8.14	54.42	3.67	16.93
Límite: dependiendo de la trayectoria de la población nacional. Una de las regiones crecientes, representará el 100% de la población total.					

en este caso, es la compatibilización de los saldos con las poblaciones proyectadas. Saldos constantes, como en el Cuadro 6, llevan a una proyección conservadora para las regiones con altas tasas de crecimiento. La solución obvia es la variación de los saldos en cada período, pero no existe un método sistemático para reconciliar la necesidad de una cierta relación entre saldos y poblaciones con la exigencia de que la suma de los Si debe ser 0.

El modelo multiplicativo, en el cual los saldos crecen en la misma proporción de las poblaciones, aparentemente presenta mejores resultados. Sin embargo, existe un problema fundamental de la metodología de proyección con tasas constantes de migración líquida. Como diversos autores han señalado (por ejemplo, Irwin, 1988), el supuesto de tasas constantes, causa un desequilibrio creciente en la balanza migratoria,

pues mientras las áreas en expansión atraen un número cada vez mayor de migrantes, las áreas de emigración tienden a crecer a un ritmo más lento y por lo tanto no suministran el número correspondiente de emigrantes. Es necesario hacer ajustes cada vez mayores para mantener la consistencia. En el Cuadro 7, el problema fue resuelto a través del ajuste del parámetro λ , pero para mantener la consistencia con la proyección nacional éste necesita, a largo plazo, asumir valores negativos. En las regiones de emigración con crecimiento vegetativo alto, como es el caso del Nordeste, este procedimiento causa una caída muy rápida de la población, que inclusive llega a ser más acentuada que en el modelo exponencial del Cuadro 1.

La falta de equilibrio del modelo multiplicativo, también hace que no exista un único valor de λ que garantice la estacionalidad de la población nacional. Como las participaciones relativas cambian constantemente y como los ritmos de crecimiento de las regiones son diferentes, es necesario variar λ para compensar el crecimiento agregado debido a las transferencias internas de la población. No es posible saber de antemano cuál será el límite de este proceso, aunque a largo plazo una concentración total en una de las regiones sea inevitable. Cuál será esta región, depende de la tendencia de la población a nivel nacional. Ya en el caso del modelo aditivo, es posible afirmar que en el límite, cuando el crecimiento nacional sea estacionario, toda la población se concentrará en la región con mayor saldo migratorio absoluto, en el caso la Región Sureste.

Métodos que incorporan la dirección de los flujos migratorios

Es común entre los demógrafos pensar que el papel de la migración puede ser descrito satisfactoriamente en términos de saldos migratorios. Esta impresión no es del todo correcta: la dirección y el tamaño de los flujos y contra-flujos que determinan los saldos migratorios también afectan las tendencias de crecimiento, principalmente a largo plazo. El tipo de análisis que explicita estos efectos es conocido como "demografía multi-regional" o "multi-dimensional" y debe gran parte de su desarrollo a Andrei Rogers (ver Rogers, 1975, 1985). Aunque existan aplicaciones de esta metodología en el Tercer Mundo y hasta en América Latina (Partida Bush, 1982), su potencial en nuestro medio aún fue muy poco explorado. Las razones para esta subutilización están relacionadas, antes que nada, con el contexto en el cual el modelo fue originalmente introducido, que fue la demografía matemática. Se formó una imagen

de la demografía multi-regional como una técnica poco accesible, compleja y exigente en términos de datos de entrada, que tenía poca relevancia para los países del Tercer Mundo.

Posteriormente hubo intentos para desmitificar la complejidad del modelo y adaptarlo a las circunstancias típicamente encontradas en el Tercer Mundo. Willekens (1982) mostró cómo el análisis "log-lineal" puede ser aplicado para reducir las exigencias de datos de entrada en contextos donde varias de las interacciones entre los procesos de mortalidad, fecundidad y migración son desconocidas. Nair (1982) aplicó este enfoque en un análisis multi-regional de la India. La presentación en el presente trabajo seguirá la misma dirección, aunque no exactamente los mismos procedimientos, de estas contribuciones anteriores. Específicamente, se pretende demostrar lo siguiente:

1. Varios aspectos importantes de la metodología multi-regional pueden ser demostrados de forma simplificada, sin recurrir a estructuras matriciales complejas.
2. La dimensión de direccionalidad de los flujos migratorios y de la influencia mutua entre las regiones que el modelo permite apreciar, afecta los patrones futuros de crecimiento regional de forma significativa.
3. Existen algoritmos perfectamente viables para estimar los datos necesarios para implementar el modelo, por lo menos en sus aspectos más esenciales, aún para el caso del Brasil, que presenta dificultades específicas en este sentido.

Normalmente, el modelo multi-regional es presentado bajo la forma de una matriz compuesta de Leslie, donde cada elemento es, a su vez, una matriz de transferencias entre las regiones. De esta forma, cada individuo vivo en el período t origina uno o más individuos en el período $t + 1$ que se diferencian de él no solamente en términos de su edad, como en una proyección común por componentes, sino también en términos de su área de residencia. Algunos aspectos del modelo, como el efecto diferencial de la mortalidad, fecundidad y migración por grupo étnico, pueden apenas ser apreciados dentro de esta formulación más completa. Sin embargo, de la misma forma que fueron presentadas versiones simplificadas del modelo de proyección por componentes de la sección anterior, es perfectamente posible ilustrar la esencia del modelo multi-regional en una versión simplificada, sin referencia a estructuras étnicas. Las razones para preferir esta formulación, por lo menos en un primer momento, fueron las siguientes:

1. Comparabilidad con las categorías anteriores de modelos, principalmente las extrapolaciones puras y el "apportionment", donde la dimensión étnica tradicionalmente no es explicitada.

2. Primacía de la dimensión espacial sobre la dimensión etárea en proyecciones demográficas regionalizadas.
3. Transparencia de la presentación, sin necesidad de recurrir a estructuras matriciales grandes y complejas.
4. No era necesario recurrir a tabulados especiales del censo brasileiro para encontrar el número de migrantes por grupo etáreo.

Una discusión resumida sobre la incorporación del elemento de edad en este modelo y en los anteriores se presentará en la última sección de este trabajo.

El secreto de una buena extrapolación es la especificación de aquellos elementos estructurales cuyo comportamiento puede ser presumido constante, o por lo menos previsible, y la derivación de los demás elementos como funciones de éstos. En este sentido, el saldo migratorio no es una opción apropiada, pues su desarrollo depende de factores que a priori son difíciles de prever. El saldo migratorio es la diferencia entre un flujo de inmigración y un flujo de emigración. La emigración depende lógicamente de las tasas de expulsión de cada región, que pueden ser consideradas constantes o, en un planteamiento más amplio, como funciones de las condiciones locales de cada región. Por su parte, la inmigración depende en gran medida de la dinámica demográfica de las demás regiones. Una región A que recibe un gran contingente de migrantes de B pasará a tener un saldo migratorio menor, en términos absolutos o relativos, en la medida que la región B disminuye en términos absolutos o relativamente a las demás regiones. La única manera demográficamente consistente para analizar estas cuestiones es a través de una visión de conjunto de las interacciones entre todas las regiones.

Un ejemplo puede ayudar a aclarar esta afirmación. El Cuadro 8 muestra tres operadores matriciales para describir patrones regionales hipotéticos de crecimiento poblacional durante la década del 70. Leyendo de izquierda a derecha, el lector puede apreciar el factor de crecimiento vegetativo de cada región, desagregado por las regiones en las que este crecimiento se manifestó. La condición que todas las tres matrices satisfacen es que el total de línea corresponde al crecimiento vegetativo efectivo de cada región. Para la Región Norte, por ejemplo, el crecimiento vegetativo de la década fué 43.97%, o sea, un factor 1.4397. En las matrices T1 y T2, este crecimiento vegetativo es retenido enteramente en la Región Norte, mientras que T3 se basa en la hipótesis de que cada habitante de la Región Norte en 1970 dió origen, en promedio, a un habitante de la misma región en 1980 y a 0.4397 habitantes en la Región Nordeste. Estos habitantes de 1980 pueden ser los propios sobrevivientes de la población de la Región Norte de 1970, que migraron para el Nordeste, o sus hijos nacidos durante la década, independientemente de su lugar de origen.

Además de reflejar el crecimiento vegetativo regional observado durante la década, las matrices T1, T2 y T3 transforman correctamente las poblaciones regionales de 1970 en sus equivalentes de 1980. Según la matriz T1, por ejemplo, la población de la Región Norte en 1980 sería 1.4397 veces la población de la región en 1970 (3.604 millones), más 0.0246 veces la población del Nordeste en 1970 (28.112 millones), para un total de 5.880 millones. La población efectiva de la Región Norte en 1980 fue 5.881 millones; la diferencia se debe a la aproximación. En anotación matricial, las tres matrices satisfacen la siguiente condición:

$$\begin{pmatrix} 3.604 & 28.112 & 39.853 & 16.496 & 5.073 \end{pmatrix} T \\ = \begin{pmatrix} 5.881 & 34.815 & 51.737 & 19.032 & 7.546 \end{pmatrix} \quad (8)$$

Juntando esta condición con la anterior, se puede afirmar que T1, T2 y T3 son hipótesis alternativas sobre la dinámica demográfica regional de la década del 70, compatibles con el crecimiento efectivo y con los saldos migratorios observados de las regiones. Por lo tanto, cada una de las matrices contiene la misma información de los modelos expuestos en la sección anterior, pero además refleja hipótesis diferentes sobre la direccionalidad de la migración. T1 se aproxima más a la forma como el demógrafo normalmente piensa en la dinámica generada por un conjunto de saldos migratorios. El crecimiento de cada región se compone de una parcela interna, incrementada o disminuída por una transferencia, que en la mayoría de casos es nula, y no hay casos en donde existan flujos en ambas direcciones. Esta hipótesis, por lo tanto, realiza las condiciones impuestas con un mínimo de desplazamientos espaciales. T2 tampoco incluye casos con migración en ambas direcciones, pero atribuye el saldo migratorio de la Región Norte a la inmigración desde el Centro-Oeste y no desde el Nordeste. Finalmente, T3 supone un patrón de flujo y contra-flujo entre el Nordeste y el Sureste.

Una de las diferencias entre la metodología multi-regional convencional y la versión simplificada presentada aquí, es que ésta, como todos los métodos ya discutidos, parte de una proyección nacional anteriormente preparada y ajusta las proyecciones regionales a este total. El ajuste, en principio, puede ser realizado de varias maneras, de las cuales el enfoque escogido en (4), (6) y (7) es sustancialmente uno de los más atractivos. Un aspecto problemático del análisis del crecimiento regional a través de saldos migratorios, es el efecto de modificaciones en la mortalidad y fecundidad. La proyección por componentes y sus representaciones simplificadas de la sección anterior, permiten la evaluación de estos cambios sobre el crecimiento vegetativo de cada región, pero no ofrecen medios sistemáticos para ajustar los saldos migratorios. Una superación completa de este problema dentro del modelo multi-regional solamente es posible a través de la formulación específica por edad, pero una solución razonable dentro de los límites del modelo simplifi-

cado es la división de cada línea de la matriz del período base por un factor $(1 + \lambda V_i)$, donde V_i es el crecimiento vegetativo de la región i y λ un factor de reducción, similar a (4). Si $\lambda = 0$, la matriz proyectada es la misma del período base. Si $\lambda = 1$, todas las regiones se reproducen exactamente, aunque no necesariamente dentro de sus propias fronteras, y la población nacional se torna estacionaria. Sin embargo, redistribuciones internas siguen siendo posibles. Esta es más una ventaja conceptual del método sobre, por ejemplo, la extrapolación exponencial con tasas proporcionales o el "apportionment" simple. En los casos intermedios, λ debe ser escogido de acuerdo con la población nacional proyectada.

Cuadro 8

Tres operadores matriciales compatibles con el crecimiento y con los saldos migratorios regionales de la década de 1970, y las distribuciones regionales proyectadas a través del modelo multi-regional simplificado, con descuento en las tasas para la caída del crecimiento vegetativo, sin detallamiento de edades.

T1. Mínimo de desplazamientos interregionales.

Operador matricial en el período base

De. \ Para	N	NE	SE	S	CO
N	1.4397	0	0	0	0
NE	0.0246	1.2385	0.0731	0	0
SE	0	0	1.2242	0	0
S	0	0	0.0542	1.1537	0.0489
CO	0	0	0	0	1.3283

Distribución regional con base en la proyección nacional de Carvalho.

	N	NE	SE	S	CO
1990	6.02	28.13	44.23	14.46	7.16
2000	7.04	26.81	45.15	13.11	7.89
2050	10.84	19.56	50.84	8.28	10.48
2100	12.56	13.45	56.72	5.39	11.89
Límite	15.76 %	0.00 %	69.83 %	0.00 %	14.41 %

T2. Concentración rápida en la Región Norte.

Operador matricial en el período base.

De \ Para	N	NE	SE	S	CO
N	1.4397	0	0	0	0
NE	0	1.2385	0.0977	0	0
SE	0	0	1.2242	0	0
S	0	0	0.0122	1.1537	0.0909
CO	0.1364	0	0	0	1.1919

Distribución regional con base en la proyección nacional de Carvalho.

	N	NE	SE	S	CO
1990	6.14 %	28.13 %	44.26 %	14.46 %	7.01 %
2000	7.37	26.81	45.23	13.11	7.48
2050	13.12	19.54	51.29	8.27	7.78
2100	17.08	13.43	57.54	5.38	6.57
Límite %	28.40	0.00	71.60	0.00	0.00

T3. Concentración de largo plazo en tres regiones.

Operador matricial en el período base.

De \ Para	N	NE	SE	S	CO
N	1.0000	0.4397	0	0	0
E	0	1.0000	0.3362	0	0
SE	0.0347	0.1284	1.0611	0	0
S	0	0	0	1.1537	0.1031
CO	0.1762	0	0	0	1.1521

Distribución regional con base en la proyección nacional de Carvalho.

	N	NE	SE	S	CO
1990	5.85 %	28.77 %	43.95 %	14.46 %	6.97 %
2000	6.55	28.55	43.43	13.11	7.36
2050	7.76	28.98	47.79	8.28	7.20
2100	7.50	29.84	51.57	5.38	5.70
Límite %	5.72	32.64	61.64	0.00	0.00

El Cuadro 8 muestra las participaciones relativas de las regiones, proyectadas a través de cada uno de los operadores matriciales, descontando el crecimiento vegetativo de cada región de acuerdo con este procedimiento, mediante una selección de λ que compatibilice las proyecciones regionales con la nacional. Como en (4), (6) y (7), el valor correcto de λ debe ser obtenido numéricamente. Para el período 1980–1990, un valor de 0.192 da el resultado deseado para cada una de las matrices, mientras que el período 1990–2000 exige un valor de 0.405. En la medida que el crecimiento vegetativo a nivel nacional disminuye, son necesarios valores más altos. Una vez encontrado λ , la proyección se realiza a través de una simple multiplicación matricial, análoga a (8):

$$(P_1(t+1) \dots P_n(t+1)) = (P_{1t} \dots P_{nt}) T(\lambda) \quad (9).$$

Se observa que, aunque las matrices reflejen tasas de crecimiento y saldos migratorios idénticos en el período base, que tengan gran parte de sus elementos en común, y que conduzcan a las mismas proyecciones nacionales, las distribuciones regionales proyectadas en el Cuadro 8 son bastante distintas. El comportamiento inicial de las proyecciones basadas en T1 y T2 es similar. Las diferencias principales son el ritmo de crecimiento de la Región Norte y la tendencia de crecimiento de la Región Centro-Oeste. Debido a la transferencia de la población hacia el Norte, que se supone en T2, el crecimiento del Centro-Oeste no continúa de la misma forma como en la proyección basada en T1, y a largo plazo la región llega, inclusive, a desaparecer. Más inesperado aún es el comportamiento de la proyección basada en T3. En ella, el Norte aumenta su participación al inicio, pero en la medida que una de sus fuentes de migrantes, el Centro-Oeste, comienza a secar, disminuye a largo plazo y tiende hacia una participación límite de apenas 5.72%. La mayor parte de la población expulsada del Sur y Centro-Oeste, termina por ser transferida para el Sureste, y, sorpresivamente, para el Nordeste.

Este ejemplo muestra que la dinámica de un sistema de poblaciones regionales depende esencialmente de la direccionalidad de las transferencias, y que la simple extrapolación de los saldos migratorios del período base, puede ser engañosa. Aunque las diferencias se manifiesten más claramente a largo plazo, se observa que aún en el año 2000 la participación del Nordeste puede ser tanto 26.81% como 28.55%. La participación de la Región Norte sería de 7.37% de acuerdo con la extrapolación basada en T2, pero apenas de 6.55% si el patrón correcto está basado en T3. Estas diferencias son mayores, por ejemplo, que las diferencias de los resultados obtenidos por la extrapolación exponencial y logística en los Cuadros 1 y 2.

Otra característica interesante del modelo multi-regional, es la existencia de una distribución límite intrínseca, que no es determinada por un criterio más o menos arbitrario de una distribución de acuerdo con las participaciones regionales en el crecimiento nacional del período base,

como en el "apportionment", sino en términos de un auténtico equilibrio homeostático, parecido al concepto de población estable. La distribución de 5.72% en la Región Norte, 32.64% en el Nordeste y 61.64% en el Sureste, es el punto de equilibrio hacia el cual el sistema de poblaciones regionales tenderá a largo plazo si las tasas de crecimiento nacional estacionarias mantienen el patrón de la matriz T3. Es en este punto que los flujos y contra-flujos darán origen a un patrón estacionario de crecimiento en todas las regiones, o sea, una situación en que:

$$(P_{1t} \dots P_{nt}) T(\lambda) = (P_{1t} \dots P_{nt}) \quad (10)$$

Determinación de un operador matricial para Chile

La sección anterior mostró la importancia de una especificación correcta de los flujos migratorios en el período base, para las extrapolaciones que serán derivadas de estos flujos. Resta, entonces, determinar este operador matricial. Existe una cierta tradición en esta área, por la rutina técnica del fondo de migrantes ("migration pool") (ver Irwin, 1977). Esta también es, básicamente, una metodología multi-regional, con la especificidad de que el operador matricial es construido exclusivamente a partir de tasas de inmigración y emigración. Se supone la independencia entre el sitio de emigración y el de inmigración. Como este supuesto no es completamente realista y no implica una simplificación significativa de los algoritmos, es preferible construir una matriz completa a partir de los datos censales.

Existiendo información censal sobre la residencia de las personas con más de x años antes del censo, como ocurre en la mayoría de los países latinoamericanos, la construcción del operador matricial es relativamente fácil. Como el censo brasileiro de 1980 usó otro formato para el tema migración interna, se necesitó un algoritmo especial y más complejo para estimar el operador en este caso. Este será discutido en la próxima sección. Aquí se demuestra el proceso de estimación en el caso más común y directo, ilustrado por los datos del censo demográfico de Chile, de 1980. La división geográfica usual de Chile tiene 13 regiones. Para los fines de la demostración, éstas fueron condensadas en apenas 5: Región Norte (Tarapacá, Antofagasta, Atacama, Coquimbo), Central (Valparaíso y O'Higgins), Centro-Sur (Maule y Bío-Bío), Sur (Araucanía, Los Lagos, Aysén del Gral. Ibáñez, Magallanes y Antártica) y el Área Metropolitana de Santiago.

El Cuadro 9 fue construido a partir del Cuadro 3.05 del censo chileno de 1982; contiene un listado de la residencia actual y 5 años antes del censo de las personas con 5 o más años de edad en 1982, o sea, la migración, en números absolutos, de la población ya presente en 1977 que sobrevivió y no emigró al exterior hasta 1982. La conversión de este cuadro en una matriz de transiciones es casi inmediata. Lo que falta es apenas una estimación de las poblaciones regionales 5 años antes del censo. En esto, el mismo Cuadro 3.05 puede ser útil, pues permite efectuar el primer paso de la estimación: reubicar los migrantes hacia la región donde se encontraban en 1977. Como el Cuadro 3.05 es específico por grupo etáreo, es posible, inclusive, reconstruir las poblaciones regionales por edad que se observarían en 1982, en el caso de ausencia de migraciones internas durante el período. Estas poblaciones deben, enseguida ser corregidas, para el efecto de la mortalidad y de la migración internacional.

Cuadro 9

Chile, 1982: población con 5 años o más, por residencia actual y residencia 5 años antes del Censo

Para De	N	C	CS	S	Metro
N	1.028.195	14.855	4.077	2.952	32.692
C	12.234	1.517.011	11.263	9.490	59.773
CS	7.132	17.292	1.939.987	17.692	86.946
S	3.868	10.600	18.637	1.490.143	64.957
Metro	29.203	40.707	24.774	26.649	3.579.692

FUENTE: XV Censo Nacional de Población de la República de Chile, abril 1982, Total país, Cuadro 3.05

Como no estaban disponibles Tablas de vida regionales, ni estimaciones de migración internacional por regiones de origen en Chile, la corrección se efectuó de manera muy rudimentaria, y ciertamente podría ser mejorada en un análisis más cuidadoso. El Cuadro 10 muestra, en la primera columna, las poblaciones regionales totales, y en la segunda las poblaciones de mayores de 5 años en 1982. En la tercera columna, estas poblaciones fueron redistribuidas de acuerdo con su residencia en 1977. También fueron retirados los inmigrantes internacionales, lo que explica por qué la población total de esta columna es un poco menor que en la columna anterior. En principio, sería necesario reponer aquí las poblaciones de emigrantes internacionales. Como no estaban disponibles informaciones para estos números, la tercera columna está subestimada, lo que en resultado final causará una pequeña sobrestimación de la matriz de crecimiento. Un tratamiento más consistente de la migración internacional, exigiría no sólo estimaciones de emigración, sino también adaptaciones del modelo. Por ello, se optó por ignorar esta cuestión, por lo menos para efecto de este ejemplo.

Las poblaciones en la tercera columna son conocidas por grupo etáreo, lo que posibilita una proyección retrospectiva, si se dispone de Tablas de vida regionales. En su ausencia, se optó por una Tabla de Vida modelo de las Naciones Unidas (1983), patrón chileno, con una esperanza de vida de 63 años para varones y 70 años para mujeres, sin diferenciación regional. Obviamente este tratamiento puede ser sustancialmente mejorado, pero como se trata apenas de un análisis ilustrativo, sus deficiencias no causarán mayores preocupaciones.

Cuadro 10

Chile, 1982: población total y con 5 años o más, por regiones, y reconstrucción de las poblaciones 5 años antes del censo.

	Población total (1982)	Población 5 años (1982)	Corregida por migra- ción interna	Retroproyectada 5 años (1977)
N	1.216.879	1.084.691	1.082.875	1.120.027
C	1.789.682	1.607.295	1.609.936	1.674.217
CS	2.239.776	2.002.707	2.069.116	2.143.345
S	1.734.165	1.556.256	1.588.354	1.649.914
Metro	4.294.938	3.857.461	3.701.599	3.839.157

FUENTE: XV Censo Nacional de Población de la República de Chile.

Una vez estimadas las poblaciones base de 1977, aunque con las salvedades ya mencionadas, cada línea del Cuadro 9 debe ser dividida por la población regional correspondiente de 1977. Así se genera una matriz que combina la probabilidad de sobrevivencia y migración para la población que estaba presente en una determinada región en 1977. El resultado es mostrado en la primera parte del Cuadro 11. Esta matriz indica, por ejemplo, que 91.80% de la población de la Región Norte en 1977 aún residía en esta Región en 1982, mientras que 1.33% había emigrado hacia la Región Central, 0.36% hacia el Centro-Sur, 0.26% hacia el Sur, y 2.92% hacia el área metropolitana. Los 3.33% restantes corresponden a la población de la Región Norte que falleció en este período.

Esta primera matriz ya contiene el efecto de la mortalidad, pero no el de la natalidad: la población de menos de 5 años en 1982 no aparece. Para que la matriz sea representativa de todo el crecimiento interno del país, es necesario hacer un ajuste por columna. Multiplicándose la primera columna de la matriz por las poblaciones regionales en 1977 mostradas en la última columna del Cuadro 10, se obtiene una previsión poblacional de 1.080.649 habitantes para la región Norte en 1982. Como la población efectiva fue 1.216.879 habitantes, es necesario aplicar un factor $1.216.879/1.080.649 = 1.1261$ a todos los elementos de la primera columna de la matriz, correspondiendo al crecimiento migratorio del

período. Así, se obtiene la segunda matriz, que satisface la condición de transformar las poblaciones regionales de 1977 en sus equivalentes de 1982 y además refleja los patrones migratorios de la población ya presente en 1977. Los resultados son mostrados en la segunda parte del Cuadro 11.

El procedimiento aquí descrito es sencillo, pero aún podría ser perfeccionado en algunos aspectos. Por ejemplo, implícitamente se supone el mismo nivel de fecundidad para los migrantes y no-migrantes que componen una determinada región en 1982. Tal vez sea más realista suponer una misma tasa de crecimiento vegetativo para toda la población que estaba en la misma región en 1977, independientemente de dónde estaba en 1982. Ello implicaría proyectar la población por sexo y edad de cada región en 1977, de acuerdo con sus tasas de mortalidad y fecundidad, para 1982. La tasa de crecimiento vegetativo así obtenida, debería corresponder a la suma de la línea referente a esta región en el operador matricial. La consistencia de esta exigencia con la condición básica de proyección puede, entonces, ser garantizada a través de un ajuste bi-proporcional.

Cuadro 11

Dos etapas de estimación de un multiplicador matricial para Chile 1977-1982, con base en el Cuadro 9, sin detallar los grupos étnicos.

Multiplicador matricial del período base: primera etapa de estimación.

De \ Para	N	C	CS	S	Metro
N	0.9180	0.0133	0.0036	0.0026	0.0292
C	0.0073	0.9061	0.0067	0.0057	0.0357
CS	0.0033	0.0081	0.9051	0.0083	0.0406
S	0.0023	0.0064	0.0113	0.9032	0.0394
Metro	0.0076	0.0106	0.0065	0.0069	0.9324

Multiplicador del período base: segunda etapa de estimación.

De \ Para	N	C	CS	S	Metro
N	1.0337	0.0148	0.0041	0.0030	0.0328
C	0.0082	1.0132	0.0075	0.0064	0.0401
CS	0.0038	0.0090	1.0143	0.0093	0.0456
S	0.0026	0.0072	0.0127	1.0125	0.0442
Metro	0.0086	0.0119	0.0072	0.0078	1.0472

Un algoritmo para estimar multiplicadores matriciales para el Brasil

Brasil es uno de los pocos países (India es otro; ver Nair, 1982) donde el parámetro censal sobre migración no se refiere a una residencia en algún momento fijo en el tiempo, sino al tiempo de residencia y a la procedencia en el último movimiento migratorio. Esta definición plantea un problema de censura, ignorado por Nair, pues una persona que residía en A en 1970, migró hacia B y en 1980 residía en C, constará como emigrante de B, no de A. Específicamente, si la persona hizo un movimiento intermunicipal dentro de la misma región después de un movimiento interregional, constará como migrante interno. Sin entrar en muchos detalles (un trabajo específico sobre la técnica está en elaboración; para un enfoque similar, ver Beltrão & Migon, 1988), se presenta aquí un procedimiento numérico para construir un multiplicador matricial de la década del 70, basado en la información censal y en algunos supuestos.

Cuadro 12

Brasil, 1980: migrantes intermunicipales con menos de 10 años de residencia, por región de residencia actual y procedencia

De \ Para	N	NE	SE	S	CO
N	556.929	27.825	49.141	6.019	27.342
NE	234.182	4.504.130	1.618.029	29.910	328.245
SE	116.793	258.816	8.260.092	196.786	429.192
S	127.552	24.595	806.989	4.099.616	259.585
CO	154.936	46.691	241.418	29.708	1.404.337

FUENTE: Censo Demográfico del Brasil, 1980, Vol. 1, Cuadro 2.15, con ajuste proporcional en función de los migrantes con procedencia desconocida.

El punto de partida es el Cuadro 12, que presenta el número de migrantes de la década, contados por el Censo Demográfico de 1980, agrupados por región de residencia actual y por procedencia en la última migración. Se supone que el crecimiento vegetativo y las probabilidades de migra-

ción fueron constantes durante la década. El resultado final no es muy sensible a este supuesto, que sirve apenas para imponer un esquema homogéneo de ponderaciones. Es necesario suponer también que cada individuo migra máximo una vez cada dos n años del período base. En el caso de migraciones más frecuentes, es posible trabajar con una división más fina. Se introducen los siguientes símbolos:

$T = (t_{ij}) =$ el operador matricial anualizado, donde t_{ij} representa el número promedio de personas presentes en j al final de un año, migrantes sobrevivientes o hijos con menos de un año de edad, por persona que estaba en i al comienzo del año.

$P_{ik} =$ número de habitantes de la región i al inicio del año K .

$M_{ij}^k =$ número de migrantes de i con $n - k$ años de residencia en j .

$v_j =$ factor de crecimiento vegetativo anual de la región i .

$s_i =$ probabilidad anual de sobrevivencia en la región i .

$m_i =$ probabilidad anual de una migración interna dentro de la región i .

Las probabilidades s_i son aproximadamente iguales al complemento de las tasas de mortalidad de las regiones, y se supone que v_i es la raíz de la potencia n del factor de expansión vegetativa del período base. En este caso, $n = 10$. Los cálculos son más simples cuando se trabaja con una cohorte específica, pero como la formulación de la sección anterior se refiere a toda la población, inclusive a los niños nacidos durante el período base, algunas complicaciones deben ser superadas.

El algoritmo es iterativo y se aplica en dos etapas. Se supone inicialmente un aumento exponencial de todas las regiones durante el período base, para obtener estimaciones preliminares de P_{ik} . Por otra parte, se asignan valores arbitrarios, pero próximos a 1, a los elementos diagonales de la matriz T , mientras que las probabilidades de migración interna dentro de las regiones son fijadas por algún otro valor arbitrario, pero relativamente pequeño. El algoritmo pasa ahora por los siguientes pasos:

1. El número esperado de migrantes de i con $n - k$ años de residencia en j ($i \neq j$) en la época del censo es dado por la siguiente expresión:

$$M_{ij}^k = 1/2 P_{ik} t_{ij} (1 + s_j/v_j) (t_{jj} s_j/v_j (1 - m_j))^{n-k} \quad (11)$$

Esta fórmula presenta los siguientes componentes:

$P_{ik} =$ población presente en i en el inicio del año k .

$t_{ij} =$ número de personas presentes en j al final del año k , como consecuencia de la presencia de cada persona en i en el inicio del año k .

$1/2 (1 + s_j/v_j) =$ factor de corrección para descontar los hijos de migrantes ya nacidos como naturales de j , durante el año k .

$(t_{jj} s_j/v_j)^{n-k} =$ probabilidad de no salir de j durante el resto del período base.

$(1-m_j)^{n-k} =$ probabilidad de no efectuar ningún movimiento interno en j .

En función de (11), se puede estimar $t_{ij} (i \neq j)$ como:

$$t_{ij} = 2 \sum_k M_{ij}^k / \sum_k P_{ik} (1 + s_{ji}/v_j) (t_{jj} s_j/v_j (1-m_j))^{n-k} \quad (12)$$

Las cantidades son todas conocidas, aunque algunas por ahora sean apenas estimaciones preliminares. Por lo tanto, la estimación obtenida en (12) es también preliminar.

2. Nuevas estimaciones de los m_i pueden ser obtenidas a través de la siguiente fórmula, análoga a (12):

$$m_i = \sum_k M_{ii}^k / \sum_k P_{ik} (t_{ii} s_i/v_i (1-m_i))^{n-k} \quad (13)$$

Esta fórmula contiene a m_i en ambos lados. Una solución puede obtenerse a través del remplazo repetido de m_i , o sea, un valor preliminar es sustituido en el lado derecho de (13), para obtenerse una nueva estimación, que a su vez es remplazada, hasta que el proceso converja, lo que normalmente sucede en 5 iteraciones.

3. Una nueva estimación de T es obtenida a través de la siguiente relación:

$$\sum_j t_{ij} = v_i \quad (14)$$

En la medida que surge una diferencia entre el lado izquierdo y el derecho de (14), los t_{ij} son reajustados proporcionalmente para garantizar la consistencia.

4. A través de la matriz preliminar T así estimada, se proyecta P_{ik} para todos los años k del período base.

Después de completar el último paso, se regresa al primero. El proceso converge rápidamente. Cuando una matriz definitiva T sea obtenida, se calcula la décima potencia de esta matriz, que teóricamente debería ser

el multiplicador matricial de la década. Este es el resultado de la primera etapa, que está consignada en la primera parte del Cuadro 13. Esta matriz, por lo tanto, debería transformar las poblaciones regionales de 1970 en sus equivalentes de 1980. En la práctica, esta condición no es enteramente satisfecha. Las poblaciones proyectadas a través de la matriz son 5.865 millones en el Norte, 35.156 millones en el Nordeste, 50.889 en el Sureste, 19.522 millones en el Sur y 7.551 millones en el Centro-Oeste, contra poblaciones efectivas de 5.881, 34.815, 51.737, 19.032 y 7.546 millones respectivamente. Las diferencias se deben a los siguientes factores:

1. Imprecisiones en la recolección de la información migratoria u otros aspectos de los datos de entrada.
2. Violación de los supuestos del método de estimación, principalmente del supuesto de constancia de la matriz T durante todo el período base.
3. Problemas de definición: en los tabulados publicados del Censo Demográfico de 1980, apenas los no nacidos en cada municipio son considerados migrantes. Los nacidos, aunque vivieran fuera de la región en 1970, no constan como migrantes. Esta convención lleva a una subestimación de la migración en general y principalmente de las probabilidades m_i . La información puede ser recuperada a través de tabulados especiales, pero para el presente trabajo el autor aún no había tenido acceso a dichos tabulados.

Se supone que este último punto es el principal responsable de las diferencias encontradas.

La segunda etapa del proceso de estimación, sigue las ideas de Willekens (1982), ajustando la matriz obtenida en la primera etapa para forzar la consistencia con el crecimiento regional de la década. Para este propósito se utiliza un ajuste bi-proporcional. Primero, las columnas son proporcionalmente ajustadas para que sus elementos, ponderados por las poblaciones correspondientes de 1970, den las poblaciones efectivas en 1980. Luego, las líneas son proporcionalmente ajustadas para garantizar el crecimiento vegetativo correcto de cada región durante la década. Después se regresa al primer paso, y así sucesivamente, hasta que el proceso converja. El resultado es mostrado en la segunda parte del Cuadro 13. En la mayoría de casos, los ajustes son pequeños. El número de movimientos líquidos durante la década que era de 6.287 millones de acuerdo con la primera matriz aumenta para 6.895 millones, una indicación de que la definición restrictiva de "migrantes" en el censo es la principal causa de las diferencias ya comentadas. Además de derivar estimaciones del operador decenal, es relativamente fácil obtener estimaciones consistentes de los multiplicadores anual y quinquenal. Estos procedimientos, sin embargo, no necesitan ser explicados aquí, pues el intervalo básico de las proyecciones es de 10 años.

Cuadro 13

Composición regional de la población brasileira, proyectada a través del modelo multi-regional simplificado, con un operador matricial estimado en el período base, a partir de informaciones censales directas, y descontado en los períodos subsecuentes, sin detallar los grupos étnicos

Multiplicador matricial del período base: primera etapa de estimación.

De \ Para	N	NE	SE	S	CO
N	1.4013	0.0093	0.0159	0.0020	0.0092
NE	0.0110	1.2345	0.0711	0.0016	0.0156
SE	0.0039	0.0082	1.1934	0.0061	0.0137
S	0.0103	0.0022	0.0606	1.1634	0.0208
CO	0.0358	0.0110	0.0537	0.0069	1.2200

Multiplicador matricial del período base: segunda etapa de estimación

De \ Para	N	NE	SE	S	CO
N	1.4016	0.0089	0.0182	0.0017	0.0093
NE	0.0113	1.2241	0.0833	0.0014	0.0162
SE	0.0034	0.0070	1.1970	0.0046	0.0122
S	0.0119	0.0025	0.0799	1.1382	0.0243
CO	0.0353	0.0105	0.0604	0.0058	1.2163

Distribución regional proyectada.

	N	NE	SE	S	CO	
1970	3.87	30.18	42.79	17.71	5.45	Observado
1980	4.94	29.25	43.47	15.99	6.34	
1990	6.02	28.16	44.22	14.49	7.12	Proyectado
2000	7.03	26.89	45.12	13.19	7.77	
2050	10.77	20.29	50.44	8.81	9.70	
2100	12.59	15.13	55.45	6.48	10.35	
Límite %	19.92	6.58	60.04	3.16	10.30	

El resultado final es un multiplicador matricial que satisface las mismas condiciones de las matrices T1, T2 y T3 en el Cuadro 8, y que refleja, con razonable confiabilidad, el patrón interregional de los movimientos migratorios de la década del 70. El Cuadro 13 muestra la extrapolación de la distribución regional obtenida a través de este operador, ajustado para corresponder al crecimiento demográfico nacional. El resultado sugiere que, en el límite, la continuación del patrón migratorio de la

década del 70, en el contexto de una población nacional estacionaria con cerca de 250 millones de habitantes, conduciría a una distribución regional de población con cerca de 20% en el Norte, 60% en el Sureste, 10% en el Centro-Oeste y 10% en las regiones Nordeste y Sur.

Conclusión :

Los métodos discutidos aquí pueden ser ampliados en varios sentidos, aún sin incorporar elementos no demográficos, para mejorar su realismo. Ya fueron mencionadas las adaptaciones necesarias para incorporar la migración internacional al modelo multi-regional simplificado. Estas son relativamente fáciles de implementar, aunque los datos de entrada puedan ser más difíciles de encontrar. Básicamente, la modificación significa la inclusión de un término aditivo a la multiplicación matricial, para expresar el efecto del saldo migratorio internacional por región.

Otra dimensión obvia para la ampliación de los modelos sería el aspecto edad y sexo. Como ya se indicó en la Introducción, la opción que se hizo en este trabajo fue la de privilegiar la dimensión espacial sobre la dinámica por edad. Sin embargo, en un segundo momento esta dimensión puede ser reintroducida, tanto para aumentar la utilidad de las proyecciones para sus usuarios, como para mejorar la calidad de la propia metodología. En el caso de métodos de extrapolación, normalmente predomina el primer motivo, y algunos autores (Duchesne, 1987; Hakkert, 1985) han sugerido procedimientos para suministrar detalles de la estructura etárea a través de métodos que no llegan a ser proyecciones por componentes.

En el caso de la proyección por componentes y la metodología multi-regional, la desagregación por grupos etárea es la norma, y los modelos presentados en este trabajo son simplificaciones de los procedimientos rutinarios. Además de la mayor utilidad de las proyecciones por edad y sexo, una consideración importante en estos casos es la contribución del análisis por edad y sexo para la consistencia lógica de los modelos. El aspecto que importa en ambos casos es que la mortalidad y fecundidad afectan la estructura etárea de forma diferente, y la estructura por sexo y edad a su vez influye en el potencial de crecimiento de la población a través de sus interacciones con la mortalidad y la fecundidad. En el caso del modelo multi-regional, otro aspecto importante que debe ser agregado, es el patrón etárea de la migración. Como ya se indicó anteriormente, el patrón etárea de la migración es mucho más relevante para proyecciones de población regionalizadas que, por ejemplo, el patrón etárea de fecundidad, porque determina el potencial reproductivo de aquellos que entran o salen de una región. Aunque existan algunos métodos relativamente rudimentarios, como el "plus minus method"

(Irwin, 1977) para proyectar la estructura etárea de saldos migratorios, estas técnicas no poseen una justificación teórica. En la metodología multi-regional, que no trabaja con saldos, sino con flujos, es posible calcular sistemáticamente cómo la estructura etárea del saldo migratorio se transforma en función del número de inmigrantes y emigrantes, y aún en función de cambios de la estructura etárea en las áreas de origen de los migrantes.

Operacionalmente, la inclusión de la dimensión etárea al modelo multi-regional, aumenta el tamaño de los operadores matriciales, pero no necesariamente la complejidad de los algoritmos. El algoritmo explicado en la sección anterior es, inclusive, más fácil de aplicar, en la medida que no es necesario descontar los hijos nacidos durante un año y diferenciar entre vi y si cuando el análisis se refiere a una cohorte específica. El aspecto más problemático que surge, tanto en el método de los componentes como en el modelo multi-regional, es cómo compatibilizar las proyecciones regionales con una proyección nacional específica por sexo y edad sin recurrir a reajustes artificiales a posteriori.

Finalmente, es necesario mencionar el problema de heterogeneidad de los procesos. El modelo multi-regional de modo general y específicamente el procedimiento de estimación expuesto en la sección anterior, se apoyan fundamentalmente en el supuesto de que las probabilidades de migración son iguales para todos. Tal supuesto no es completamente realista. Se sabe que existen subpoblaciones con probabilidades de migración más elevadas que el promedio. Esta heterogeneidad causa sesgos en la proyección y en las estimaciones de las matrices de transiciones que son bien conocidas desde los primeros estudios sobre la movilidad ocupacional de "movers" y "stayers" en los Estados Unidos (Blumen, Kogan & McCarthy, 1955). La superación de este problema, cuyas implicaciones van mucho más allá de la metodología multi-regional en sí, aún constituye un desafío poco explorado en el área de proyecciones demográficas.

Bibliografía

BELTRAO, Kaizo I. & MIGON, Helio S. 1988. "Migraciones anuales rural-urbano-rural: período 1970/1980". Trabajo presentado en la VI Reunión de la ABEP, Olinda, Brasil.

BLUMEN, I.; KOGAN, M. & MCCARTHY, P.J. 1955. "The industrial mobility of labor as a probability process". Ithaca NY, Cornell Studies of Industrial Labor Relations, Vol. 6.

CARVALHO, José A.M. de. 1988. "El tamaño de la población brasileira y su distribución etárea: una visión prospectiva".

Trabajo presentado en la VI Reunión de la ABEP, Olinda, Brasil.

DUCHESNE, Louis. "Método de proyecciones de población por sexo y edad para áreas menores, por relaciones de cohortes". Santiago, CELADE, mimeo.

GARCIA, Agustín y RINCON, Manuel. 1988. "Sistema para elaborar proyecciones subnacionales de áreas intermedias y pequeñas, por sexo y grupo de edades". Trabajo presentado al Seminario Internacional sobre Proyecciones Subnacionales. Girardot, Colombia, Octubre 31 - Noviembre 2.

HAKKERT, Ralph. 1985. "Quasi-component models for small area population projections: examples from the State of Sao Paulo, Brazil". In: IUSSP. XXth International Population Conference. Florence, vol. 4: pp. 163 - 174.

HAKKERT, Ralph. 1988. "Problemas de consistencia en proyecciones de población por una región: una introducción al modelo multi-regional". In: WONG, Laura et. al. "Futuro de la Población Brasileira: proyecciones, previsiones y técnicas". Sao Paulo, ABEP/HUCITEC: pp. 120 - 147.

HEIDE, Henk ter. 1981. "Demographic distribution formulas". Trabajo presentado a la XIX Conferencia de la IUSSP, Manila.

IRWIN, Richard. 1977. "Guide for local area population projections". US Bureau of the Census, Technical Paper 39, Washington DC, US Govt., Printing Office.

IRWIN, Richard. 1988. "El componente migratorio en las proyecciones por edad de estados y municipios". In: WONG, Laura et. al. "Futuro de la Población Brasileira: proyecciones, previsiones y técnicas". Sao Paulo, ABEP/HUCITEC: pp. 213 - 227.

HEYFITS, Nathan. 1977. "Applied mathematical demography". New York, Wiley & Sons.

MADEIRA, Joao L. y SIMOES, Celso C. da S. 1972. "Estimaciones preliminares de la población urbana y rural según las unidades de la Federación de 1960/1980, a través de una nueva metodología". Rio de Janeiro, IBGE, mimeo.

NACIONES UNIDAS. 1983. "Tablas modelo de mortalidad para países en desarrollo". Naciones Unidas, Nueva York, Depto de Asuntos Económicos y Sociales Internacionales, Estudios Demográficos 77.

NAIR, P. Sadasivan. 1982. "India's population: a multiregional demographic analysis". Voorburg (Holanda), Netherlands University Demographic Institute, Working Paper 35.

PARTIDA BUSH, Virgilio. 1982. "Aplicación del Modelo Multiregional de población al caso de México". Demografía y Economía. 16 (3): pp. 449 - 481.

ROGERS, Andrei. 1975. "Introduction to multiregional mathematical demography". New York, Wiley & Sons.

ROGERS, Andrei. 1985. "Regional population projection models". Beverley Hills, Sage Scientific Geography Series No. 4.

UNITED NATIONS. 1974. "Manual VIII: Methods for projections of urban and rural populations". New York, UN Dept. of Int. Econ. and Social Affairs, UN Population Studies 55.

WILLEKENS, Frans J. 1982. "Análisis multidimensional de la población con datos incompletos". Demografía y Economía. 16 (3): 328, 376.

Argentina: proyecciones provinciales por sexo y edad período 1970-1990 ¹

Diva Elizalde ²

Antecedentes

Es función del INDEC mantener actualizada la serie de proyecciones demográficas del total del país, toda vez que se dispone de nueva información básica, especialmente la proveniente de los censos de población.

Por otra parte, cabe también al Instituto atender en forma permanente los requerimientos de los más diversos usuarios gubernamentales y privados en lo que respecta a datos también actualizados sobre las proyecciones de población a nivel provincial.

¹ Este trabajo se llevó a cabo en el Departamento de Análisis Demográfico del INDEC y su elaboración fue posible gracias a la amplia colaboración del Prof. Jorge Somoza.

² Jefe del Departamento de Demografía, INDEC, Argentina.

Surge entonces, ante la demanda, la tarea de descomponer y desagregar las proyecciones nacionales en sus componentes menores, vale decir, elaborar proyecciones por sexo y edad para cada una de las provincias del país.

Es ésta una tarea mucho más compleja que la de elaborar la proyección para el total nacional. Las dificultades surgen por una parte, a causa de las deficiencias en la calidad de los datos básicos que además son diferenciales por provincias. El problema que plantea la diferente calidad de los datos crea la necesidad de utilizar hipótesis generalmente subjetivas, sobre la omisión de los registros. Por otra parte en estas proyecciones se incorpora una nueva variable: la migración interprovincial no existe en la proyección nacional y de fuerte implicación en el crecimiento, volumen y composición de las poblaciones menores.

Lo dicho sobre la calidad de los datos básicos y sus diferencias provinciales, lleva a considerar poco prudente la aplicación de un método que tome en cuenta –por sexo y edad– las diferencias existentes entre las jurisdicciones.

Se impone, por lo tanto, el uso de un procedimiento sencillo, que incorpore el conocimiento disponible acerca de la población por sexo y edad de cada jurisdicción al momento del censo y en la medida de lo posible, las diferencias más notables en lo que hace a las variables demográficas básicas.

El método mediante el cual se han elaborado las proyecciones actuales y que se describe en las notas metodológicas, satisface lo antedicho. Se apoya en el envejecimiento de cada grupo de edad para los quinquenios 1980/1985 y 1985/1990, considera las diferencias provinciales de fecundidad y mortalidad en los primeros años de vida, toma en cuenta la migración interna e impone como condición necesaria que la suma de las proyecciones nacionales por edad y sexo sea coincidente con la del país en su conjunto.

Parece casi innecesario mencionar aquí que no se ha pretendido obtener resultados precisos. Los mismos constituyen una versión plausible de la evolución demográfica esperada en cada provincia, coherente con la que se anticipa para el total del país –INDEC-CELADE 1950/2025–. El relativamente corto período de las proyecciones, se considera adecuado ya que presumiblemente en 1990 se dispondrá de la información actualizada que proporcionará el nuevo censo de población y que permitirá la revisión de las mismas.

Finalmente, se considera que el objetivo básico del trabajo, dar respuesta oportuna y de calidad aceptable a la demanda de los diversos usuarios, ha quedado satisfecho mediante la utilización de este sencillo procedi-

miento demográfico. Seguramente el empleo de metodologías más complicadas no llevaría a resultados más satisfactorios en tanto no se logre mejorar la calidad de las estadísticas básicas existentes en el país, haciéndolas comparables por áreas geográficas.

Notas metodológicas

Las estimaciones y proyecciones subnacionales por sexo y edad, vigentes actualmente en Argentina que cubren el período 1970/1990, fueron elaboradas a partir de los datos definitivos del Censo de Población de 1980 y el resto de la información demográfica disponible en ese momento para cada una de las áreas de interés.

Las mismas tienen nivel provincial, o sea de división administrativa mayor y su agregación por sexo y edad resulta compatible con la proyección nacional que le sirve de marco para el período de referencia.

Proyecciones provinciales por sexo y edad 1980/1990

Si bien la serie cubre un período de 20 años que incluye la estimación intercensal 70/80 ³, a los efectos de este documento se considera solamente el período de la proyección propiamente dicha que abarca los dos quinquenios post-censales y se elabora por sexo y edad para cada una de las 24 jurisdicciones del país ⁴. Estas proyecciones se realizaron tomando en cuenta un método sugerido por Somoza cuyos fundamentos se plantean en el punto anterior y cuyo desarrollo se describe brevemente en las siguientes notas.

Población base: La población por sexo y edad de cada provincia, censada en octubre 22 de 1980, fué corregida y estimada al 30 de junio del mismo año. Dado que no se contaba con una evaluación analítica de cada área de interés, la corrección se hizo en función de la omisión censal estimada para el total del país. Cabe mencionar que en ningún caso el porcentaje de omisión aceptado alcanzó al 2% de la población censada. Se mantuvo la estructura por edad del Censo ⁵.

³ Para este decenio se revisaron las estimaciones ya existentes tomando en cuenta las correcciones introducidas en la población por sexo y edad correspondientes al total del país y manteniendo la coherencia con los respectivos datos censales.

⁴ 22 provincias, un distrito federal y un territorio nacional.

⁵ Los índices tradicionales referidos a la declaración de edad y la omisión diferencial dieron valores indicativos de buena calidad de los datos provinciales.

Fecundidad: Para el primer quinquenio de la proyección se contó con los nacimientos ocurridos en el período 1980/1983, provenientes de las estadísticas vitales, que se aceptaron como representativos del período 1980/1985 (B⁸⁰⁻⁸⁵).

El análisis de estos nacimientos clasificados por sexo llevó a realizar algunas correcciones en base al comportamiento del índice de masculinidad por provincia. Posteriormente, mediante un factor de corrección se ajustaron al total de nacimientos implícitos en la proyección nacional para ese quinquenio.

Para el período 1985/1990, se trabajó con otra metodología. Se calculó a partir de la tasa de crecimiento 1980/1985 de cada provincia, una población media 1985/1990. Usando las TBN⁶ implícitas en la proyección del primer quinquenio, se obtuvieron los nacimientos por provincia que al igual que en el período anterior se compatibilizaron con los ya estimados de la proyección total del país. De esta manera se tomaron nuevamente en cuenta, aunque en forma poco rigurosa, las diferencias de fecundidad por áreas demográficas.

Mortalidad: Las estimaciones de mortalidad del período proyectado se elaboraron separadamente para dos tramos etáreos.

Población menor de 5 años: Se contaba con las "Tablas de Mortalidad 1980/1981" de Somoza y Muller para cada una de las provincias. Se dispuso así de probabilidades de sobrevivencia al nacimiento (P_b^{80}) que permitieron para ambos quinquenios respetar la mortalidad diferencial por área geográfica. Aplicando estas P_b a los nacimientos estimados se obtuvo el grupo etareo de 0-4 separadamente para cada sexo.

Población de 5 y más años: Una vez obtenida la población de la columna 4 (ver planilla de cálculos) se efectuó la sumatoria por sexo y edad para obtener un total del país al 30 de junio de 1985 (población de 5 años y más). Dado que una de las características de este tipo de proyecciones subnacionales es un necesario ajuste al total del país ya proyectado, a la población de cada provincia se le aplicó un coeficiente diferencial por sexo y edad (k) que llevó al ajuste con el total. La diferencia resultante entre población estimada y ajustada se adjudicó a la mortalidad del quinquenio (1980/1985). La misma metodología se sugirió para el siguiente quinquenio.

Migración interna: Los resultados definitivos del Censo 1980 permitieron conocer para cada provincia, por sexo y edad, los saldos de migración interprovincial del quinquenio 1975/1980.

⁶ Tasa bruta de natalidad.

Aceptando estos saldos como constantes hasta 1990 se acepta a su vez una disminución de la tasa anual media de migración, supuesto acorde con la tendencia observada en los últimos años. No se contabilizó la migración de menores de 5 años.

Manteniendo la coherencia con la proyección nacional se aceptó un balance nulo para la migración internacional.

Anexo: A manera de ejemplo se agrega a estas notas una planilla de cálculos para la provincia de Corrientes, con los pasos seguidos para la elaboración del período 1980/1985 y dos cuadros con los indicadores que se han estimado para esta jurisdicción.

Provincia de Corrientes
Proyecciones de población por sexo y edad
Período 1980/1985

Grupos de edad	$N_{x,x+4}^{80}$ (1)	$N_{x+5,x+9}^{85}$ (2)	$SM_{x+5,x+9}^{80/85}$ (3)	$N_{x+5,x+9}^{85}$ (4) = (2) - (3)	$N_{x+5,x+9}^{85}$ (5) = (4).K
Varones					
Total	335.000	335.000	- 15.000	320.000	360.998
0- 4	47.000	-	-	-	53.119 ^a
5- 9	42.000	47.000	- 1.500	45.500	45.249
10-14	39.000	42.000	- 1.150	40.850	40.734
15-19	35.000	39.000	- 1.600	37.400	37.281
20-24	27.000	35.000	- 5.150	29.850	29.698
25-29	23.000	27.000	- 2.700	24.300	24.141
30-34	21.000	23.000	- 1.000	22.000	21.806
35-39	17.000	21.000	- 1.200	19.800	19.518
40-44	16.000	17.000	50	17.050	16.706
45-49	14.000	16.000	- 500	15.500	15.026
50-54	13.000	14.000	- 50	13.950	13.297
55-59	13.000	13.000	100	13.100	12.211
60-64	9.000	13.000	100	13.100	11.838
65-69	8.000	9.000	- 50	8.950	7.654
70-74	5.000	8.000	- 150	7.850	6.298
75 y más	6.000	11.000	- 200	10.800	6.422
Mujeres					
Total	335.000	335.000	- 16.950	318.050	361.083
0- 4	45.000	-	-	-	51.902
5- 9	40.000	45.000	- 550	44.450	44.260
10-14	38.000	40.000	- 1.450	38.550	38.453
15-19	33.000	38.000	- 3.700	34.300	34.218
20-24	28.000	33.000	- 4.100	28.900	28.803
25-29	26.000	28.000	- 2.950	25.050	24.930
30-34	20.000	26.000	- 1.050	24.950	24.795
35-39	18.000	20.000	- 200	19.800	19.629
40-44	16.000	18.000	- 650	17.350	17.140
45-49	14.000	16.000	- 800	15.200	14.940
50-54	13.000	14.000	- 150	13.850	13.551
55-59	11.000	13.000	- 350	12.650	12.266
60-64	10.000	11.000	- 300	10.700	10.217
65-69	8.000	10.000	-	10.000	9.286
70-74	6.000	8.000	- 300	7.700	6.835
75 y más	9000	150.00	- 400	14.600	9.858

^a = $B^{80/85} \cdot p_b^{80}$

Provincia de Corrientes
Indicadores demográficos estimados
Quinquenio 1980/1985

Nacimientos anuales:	22.220
Tasa bruta de natalidad (‰):	31.92
Muertes anuales:	5.414
Tasa bruta de mortalidad (‰):	7.78
Crecimiento natural anual:	16.806
Tasa de crecimiento natural (‰):	24.15
Saldo migratorio anual:	-6.390
Tasa de migración (‰):	-9.18
Crecimiento total anual:	10.416
Tasa de crecimiento total (‰):	14.96

Otros indicadores demográficos
Período 1970/1990

Indicadores	1970	1975	1980	1985	1990
Edad mediana	19.7	20.5	21.5	21.4	21.5
Porcentaje -15 años	39.8	38.6	37.5	37.9	38.1
Porcentaje de + 65 años	5.5	5.9	6.3	6.4	6.7
Índice de masculinidad	101.0	100.6	100.0	100.0	100.0
Relación de dependencia	0.828	0.802	0.777	0.796	0.814
Relación niños - mujeres	0.650	0.652	0.653	0.702	0.671

FUENTE: INDEC; Estimaciones y proyecciones provinciales 1970/1990.

Bolivia: estimaciones y proyecciones de la población por departamentos, sexo y edad, según áreas de residencia Urbano-Rural Fascículo F/BOL.2. Período 1970-2000

Víctor Mezza Rosso ¹

I. Introducción

Bolivia es un país con una escasa experiencia censal, puesto que en el presente siglo sólo se han practicado tres censos nacionales de población: el primero, en el año 1900, luego en 1950 y finalmente en 1976. En materia de encuestas, se han realizado dos encuestas demográficas nacionales, una en 1975 y la otra en 1980 ².

¹ Director de Planificación, Ministerio de Trabajo, La Paz, Bolivia.

² Debido a la mala calidad de los datos de la Segunda Encuesta Demográfica Nacional (II EDEN-80), los resultados no fueron publicados.

Por otra parte, las estadísticas de hechos vitales son deficientes y carentes de confiabilidad, debido a que la cobertura y el alcance son incompletos, por lo que no se pueden establecer los verdaderos niveles de las variables demográficas mediante la aplicación de los métodos tradicionales.

Esta situación se complica más cuando se pretende obtener una información demográfica a niveles más desagregados, como ser por área de residencia urbano-rural, sexo y edad, clasificado para cada uno de los departamentos del país.

En las áreas diseminadas el escenario demográfico se restringe aun más, llegando casi a la ausencia de un registro que permitiera proporcionar alguna imagen de los factores dinámicos de la población.

Las anteriores circunstancias y otras no mencionadas aquí, configuran una situación demográfica con insuficientes e inadecuados insumos estadísticos para desarrollar estudios que permitan derivar en un pronóstico adecuado de la futura evolución y comportamiento poblacional del país y de sus departamentos.

Sin embargo, la dinámica social y económica del país, requiere conocer las perspectivas y el crecimiento de la población hacia el futuro, con el fin de considerarla como sujeto y objeto de toda planificación global o regional; como también para precisar con mayor detalle las futuras demandas de necesidades básicas como salud, educación, empleo, vivienda y otros.

Indudablemente, los requerimientos de información estadística poblacional a niveles más desagregados, son cada vez mayores, para enfrentar las tareas continuas de formulación, ejecución y evaluación de los planes del desarrollo para los departamentos, regiones y otras unidades geográficas.

En este sentido, para obtener las proyecciones subnacionales de población para el caso boliviano, se ha recurrido a técnicas e instrumentos de proyección con base puramente matemática, como la función logística, la tabla cuadrada y otros; sin embargo, los resultados obtenidos salen de este marco matemático, al imponer en algunos casos, tendencias más razonables de acuerdo a la realidad demográfica y social del país y de sus departamentos, formulando hipótesis de comportamiento poblacional más adecuados con la realidad.

Seguidamente, se hace una descripción de la información básica y de los procedimientos utilizados en la elaboración de las "estimaciones y proyecciones de la población por departamentos, sexo y edad, según áreas de residencia urbano-rural", período 1970-2000, para Bolivia.

II. Información básica

La información básica utilizada para la elaboración de estas proyecciones, proviene principalmente de las siguientes fuentes disponibles:

1. "Bolivia. Estimaciones y proyecciones de la población. Total país, 1950-2025 y urbano-rural, 1970-2000".

Fascículo F/Bol. 1, INE-CELADE.

(Marzo 1985)

De esta publicación se tomaron los resultados de las proyecciones de población a nivel nacional, clasificados por área de residencia urbano-rural, sexo y grupos quinquenales de edad para el período 1970-2000.

Cabe hacer notar que los resultados publicados en este fascículo para el total del país y para la población urbana se generaron por la aplicación del denominado "método de los componentes", que implica la estimación y proyección de las variables demográficas que intervienen en los cambios de población, vale decir: fecundidad, mortalidad y migración; mientras que la población rural se generó como diferencia entre la población total y la población urbana.

2. Estimaciones de la población por departamentos y ciudades capitales. 1980-1990. INE, La Paz-Bolivia (Junio, 1981)

De este documento, que presenta las proyecciones globales para los 9 departamentos (sin considerar sexo, edad ni área de residencia) para los años 1980, 1985 y 1990, se adoptó la metodología utilizando para estimar la población por departamentos.

3. Censos de Población 1950 y 1976

De los dos últimos censos de población levantados en Bolivia se consideraron la distribución porcentual de la población por departamentos,

los índices de masculinidad y los porcentajes urbanos y rurales departamentales, como indicadores de tendencia intercensal. Además, del Censo Nacional de Población y Vivienda de 1976 se calcularon los índices de masculinidad urbano-rural para cada departamento.

Cabe hacer notar que el Censo 1950 no contiene la clasificación urbana y rural por sexo.

4. Tabulaciones especiales

Para complementar la información básica, se solicitó al CELADE tabulaciones especiales del Censo Nacional de Población y Vivienda de 1976, con datos estadísticos para los niveles de desagregación requeridos en este trabajo. Cuadros con clasificaciones de la población por departamentos, grupos quinquenales de edad y sexo según el área de residencia urbano- rural que no siempre estaban contenidos en las publicaciones existentes.

III. Proyecciones de la población por departamentos, sexo y edad, según área de residencia urbano-rural

1. Proyecciones de la población total por departamentos

Para obtener la población a nivel departamental para los diferentes quinquenios del período 1970-2000, se adoptó la metodología utilizada por el Instituto Nacional de Estadística, la misma que se basa en la tendencia de la distribución relativa de los departamentos con respecto al total del país.

Las principales etapas de esta estimación, fueron las siguientes:

- a) Con las poblaciones censales de los años 1950 - 1976, se determinó la distribución relativa de cada uno de los departamentos respecto al total del país.

- b) A partir de estas distribuciones, se hicieron interpolaciones y extrapolaciones lineales para los años terminados en cero y cinco, obteniéndose de esta manera las proyecciones relativas hasta el año 2000.

Los resultados corresponden a mitad de cada año. Con el propósito de obtener una aproximación más coherente con la evolución de la población, considerando además el probable desarrollo social y económico de cada uno de los departamentos, se hicieron leves modificaciones de la proyección de estas distribuciones relativas, tomando en cuenta los planes de desarrollo regional y departamental formulados por los organismos de planificación y contenidos en el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social 1976-1980 y el Plan de Rehabilitación 1984-1987.

Complementariamente, se consideró el comportamiento demográfico de cada uno de los departamentos, tomando para ello los indicadores de su dinámica poblacional publicados por el Instituto Nacional de Estadística, en los Boletines Demográficos Departamentales.

- c) La proyección de la distribución relativa calculada por departamentos para el período 1970-2000, se aplicó a la proyección total del país disponible, determinándose así la población total correspondiente a cada departamento, (Cuadro 1).

2. Proyección de la población departamental por sexo

Obtenida la proyección de la población por departamentos, se procedió a estimar su composición por sexo, utilizando el siguiente procedimiento de cálculo:

- a) A partir de las poblaciones departamentales de los censos de 1950 y 1976, clasificados por sexo, se calcularon los índices de masculinidad por departamentos, para estudiar su variación en el tiempo. Los índices de masculinidad de 1950, se consideraron sólo para el análisis preliminar, ya que posteriormente fueron descartados, debido a la falta de comparabilidad con el Censo 1976.
- b) Los índices de masculinidad por departamentos para el año 1975, elegido como "año base" de las estimaciones y proyecciones se calcularon de la siguiente manera:
- i) Se aplicaron los índices de masculinidad del Censo de 1976 a la población estimada por departamentos para 1975, del cuadro 1, determinando así la población masculina.

- ii) El total de hombres obtenidos mediante suma de cada uno de los departamentos, no coincidió con el estimado a nivel nacional para 1975, por lo que fue necesario realizar ajustes a los resultados mediante el método de prorrateos proporcionales de las diferencias.
 - iii) La población femenina por departamentos, se obtuvo como diferencia entre el total departamental y la población masculina estimada.
 - iv) Como resultado de este ejercicio, se recalcularon los índices de masculinidad por departamentos para 1975. Estos índices difieren levemente de los observados en el Censo 1976. Sin embargo, el promedio ponderado coincide con el índice de masculinidad estimado a nivel nacional en 1975.
- c) Una vez obtenidos los índices de masculinidad para el año 1975, se estimaron los correspondientes al año 2000. De manera general se mantuvieron constantes los índices de masculinidad para todo los departamentos a lo largo de la proyección, excepto para los departamentos altiplánicos de La Paz, Oruro y Potosí, los que se redujeron levemente, considerando para este efecto una migración diferencial por sexo, hacia los departamentos del valle y llanos.
- d) Fijados los índices de masculinidad para los años 1975 y 2000, por interpolación lineal, se obtuvieron los correspondientes a los años terminados en cero y cinco, mientras que los de 1970 se calcularon por extrapolación.
- e) Para obtener la población departamental por sexo, se aplicaron los índices de masculinidad proyectados a las respectivas poblaciones, ajustándose posteriormente al total del país, siguiendo el mismo procedimiento que se detalla en el inciso b). Estos resultados se presentan en el cuadro 2.

3. Proyección de la población por departamentos y área de residencia urbano-rural

La metodología utilizada para este propósito, se caracteriza por su sencillez y fácil aplicación a la información disponible y porque permite contar con resultados inmediatos y de razonable confiabilidad.

Para la elaboración de estas proyecciones, se ha considerado como población urbana aquella que habita en localidad desde 2000 y más habitantes, que corresponde a la definición adoptada en el Censo de Población y Vivienda de 1976.

Los pasos seguidos para obtener estas proyecciones, fueron los siguientes:

- a) El Censo de 1950, definió la población urbana como "aquella que habita en los centros administrativos de la división administrativa menor", por lo que se seleccionaron para cada departamento, sólo aquellas localidades con 2000 y más habitantes, con el fin de hacerla comparable con la información proveniente del Censo 1976.
- b) Luego, se calcularon los porcentajes urbanos por departamentos para los censos de 1950 y 1976; estos porcentajes urbanos se tomaron como indicadores del nivel de urbanización de cada departamento.
- c) Aplicando el método propuesto por Naciones Unidas, que se basa en una función logística ³, se obtuvo una probable evolución de los porcentajes urbanos por departamentos, para el período 1970-2000 y para los años terminados en cero y cinco (a mitad de cada año).
- d) Los porcentajes urbanos obtenidos para cada año terminados en cero y cinco del período 1970-2000, se graficaron para su análisis. Se pudo observar que los departamentos de Santa Cruz y Beni alcanzaban niveles de urbanización demasiado altos, mientras que el departamento de Pando no variaba su comportamiento durante todo el período de la proyección, lo que no parecía razonable, corrigiéndose los valores obtenidos para el año 2000, en base al siguiente criterio:

Para Santa Cruz y Beni se adoptó al ritmo de variación del porcentaje urbano observado en La Paz, (Departamento Sede de Gobierno) por ser el más alto entre los departamentos cuya evolución pareció razonable y para Pando el de Chuquisaca, que es el que, de los seis departamentos, mostró una evolución más plausible, implicando una variación más conservadora de su porcentaje urbano.

- e) La serie de porcentajes urbanos por departamentos así obtenidos para los años terminados en cero y cinco del período 1970-2000, se aplicaron a las poblaciones por departamentos ya proyectados. Posteriormente se ajustó el total urbano a las cifras publicadas en el Fascículo INE-CELADE, prorrateando las diferencias entre los departamentos de Chuquisaca, La Paz, Cochabamba, Oruro, Potosí y Tarija, lo que implicó respetar los porcentajes urbanos proyectados para Santa Cruz, Beni y Pando, por la consideración hecha en el inciso anterior. La población rural por departamentos, se obtuvo por diferencia (total departamental menos urbano departamental).

³ CELADE: "Métodos para proyecciones demográficas" Serie E, No 1003, San José, Costa Rica, Noviembre 1984. Pág. 149.

Como consecuencia de este ejercicio, cabe hacer notar que la evolución de los porcentajes urbanos de Chuquisaca, La Paz, Cochabamba, Oruro, Potosí y Tarija, no sufrieron modificaciones de importancia, respecto a los que se habían calculado aplicando la función logística. En el cuadro 3 se presentan las proyecciones obtenidas para la población urbano-rural por departamentos.

4. Proyecciones de la población por departamentos y área de residencia urbano-rural según sexo

Para la elaboración de estas proyecciones, se tomaron únicamente indicadores del Censo 1976, puesto que el Censo 1950 no consigna la clasificación urbano-rural por sexo.

Se indican a continuación las etapas seguidas dentro de este procedimiento:

- a) Se calcularon los índices de masculinidad urbanos y rurales para cada departamento (Censo 1976). Los índices de masculinidad de la población urbana por departamentos del Censo de 1976 fueron aplicados a la población base correspondiente de 1975, con lo que se determinó para dicho año la población urbana según departamentos discriminada por sexo. Estas poblaciones se ajustaron a la población urbana según sexo. La población rural según sexo por departamentos, se obtuvo por diferencia con respecto a la población total del departamento según sexo.

Luego, con estos valores, se calcularon los índices de masculinidad urbanos y rurales del año base de la proyección, los que tuvieron variaciones aceptables respecto a los índices originales de 1976.

- b) Determinados los índices de masculinidad urbanos departamentales para 1975, se estimaron los correspondientes al año 2000, considerando los siguientes criterios:
 - i) Las tendencias migratorias existentes en general permanecen constantes a lo largo del período de la proyección.
 - ii) Los índices de masculinidad urbano-rurales departamentales tendrán una evolución en el tiempo de acuerdo a lo observado por los índices de masculinidad urbano-rurales del total del país.
- c) Los índices de masculinidad urbanos departamentales para los años terminados en cero y cinco del período 1975-2000, se obtuvieron

por interpolación lineal entre los calculados para 1975 y 2000; los de 1970 corresponden a una extrapolación.

- d) Determinada la serie de índices de masculinidad urbano departamentales, éstos se aplicaron a las correspondientes poblaciones totales urbanas estimadas (cuadro 3) para calcular la población masculina urbana departamental y por diferencia la población femenina urbana, ajustando estas poblaciones al total urbano por sexo de la proyección del Fascículo INE-CELADE.

La población rural departamental por sexo se obtuvo por diferencia con el total de cada departamento (cuadro 4). Finalmente, se recalcularon los índices de masculinidad urbanos y rurales de cada departamento para el análisis de su evolución durante el período de la proyección, observándose que éstos no presentan variaciones significativas con los obtenidos mediante interpolación.

5. Proyecciones de la población por departamentos y área urbano-rural, según sexo y grupos quinquenales

Para la elaboración de estas proyecciones, se utilizó el método matemático de la "Tabla cuadrada"⁴, utilizando para el efecto un programa disponible en el CELADE.

El método de la Tabla Cuadrada consiste básicamente en determinar los elementos de una matriz de doble entrada. Dicho método opera mediante sucesivos prorrateos con arreglo a los valores originales.

Para aplicar el método de la Tabla Cuadrada, se determinaron cuadros matrices de población base para el año 1975, por departamentos (marginal horizontal) y grupos quinquenales de edad (marginal vertical).

Estas matrices corresponden a: hombres totales (matriz 1), hombres urbanos (matriz 2), mujeres totales (matriz 3) y mujeres urbanos (matriz 4), aplicándose en cada uno de los casos las distribuciones observadas en el censo de 1976 a las poblaciones correspondientes estimadas para 1975 del Fascículo INE-CELADE.

⁴ Bocaz, Albino, Regresión Múltiple Lineal. Teoría y Aplicaciones (I parte). Regresión en Tablas de Múltiple Entrada (II parte). CELADE, Serie AS/18, San José 1973.

Utilizando las proyecciones por departamentos y sexo, y la población total por grupos quinquenales de edad y sexo, como marginales (horizontal y vertical, respectivamente), para los años 1970, 1980, 1985, 1990, 1995 y 2000, y las cuatro matrices bases de 1975, se aplicó el método de la Tabla Cuadrada. Como resultado de este ejercicio se obtuvieron las poblaciones masculinas y femeninas totales y urbanas por departamentos y grupos quinquenales de edad para los años de la proyección, y por diferencias entre la población total y la urbana, se determinó la población rural por departamentos, sexo y grupos quinquenales de edad.

Estos resultados se presentan en el bloque de matrices 1, 2, 3 y 4.

Cuadro 1
Bolivia - Proyecciones de la población por departamentos
Período 1970-2000

No.	Deptos.	1970	1975	1980	1985
	TOTAL	4.324.575	4.894.403	5.570.109	6.370.579
1	Chuquisaca	355.480	379.375	419.986	458.682
2	La Paz	1.354.457	1.552.355	1.789.119	2.071.075
3	Cochabamba	686.743	762.879	860.025	970.239
4	Oruro	298.396	329.181	366.513	408.991
5	Potosí	646.956	695.978	784.828	870.221
6	Tarija	172.983	198.993	228.374	264.379
7	Santa Cruz	626.631	758.392	874.508	1.038.404
8	Beni	152.225	180.194	204.423	238.260
9	Pando	30.704	37.055	42.333	50.328

No.	Deptos.	1990	1995	2000
	TOTAL	7.313.632	8.421.563	9.724.242
1	Chuquisaca	500.984	548.244	599.986
2	La Paz	2.406.185	2.802.696	3.273.180
3	Cochabamba	1.098.508	1.247.233	1.419.739
4	Oruro	457.833	514.557	579.565
5	Potosí	966.862	1.077.118	1.201.916
6	Tarija	307.904	358.759	419.115
7	Santa Cruz	1.236.735	1.474.616	1.761.060
8	Beni	279.381	328.441	387.025
9	Pando	59.240	69.899	82.656

Nota: Los totales de la población: 1970 al 2000, son los valores de la Proyección existente. Fascículo F/Bol.1, INE-CELADE, Marzo 1985

Cuadro 2**Bolivia - Proyección de la población por departamentos, según sexo
Período 1970-2000**

No.	Deptos.	1970			1975		
		Ambos sexos	Hombres	Mujeres	Ambos sexos	Hombres	Mujeres
TOTAL		4.324.575	2.133.760	2.190.815	4.894.403	2.412.165	2.482.237
1	Chuquisaca	355.480	172.054	183.426	379.375	183.572	195.803
2	La Paz	1.354.457	666.955	687.502	1.552.355	761.941	790.414
3	Cochabamba	686.743	333.116	353.627	762.879	370.317	392.562
4	Oruro	298.396	145.527	152.869	329.181	160.033	169.148
5	Potosí	646.956	313.106	333.850	695.978	336.075	359.903
6	Tarija	172.983	86.879	86.104	198.993	99.806	99.187
7	Santa Cruz	626.631	320.957	305.674	758.392	387.735	370.657
8	Beni	152.225	78.508	73.717	180.194	92.666	87.528
9	Pando	30.704	16.658	14.046	37.055	20.020	17.035

No.	Deptos.	1980			1985		
		Ambos sexos	Hombres	Mujeres	Ambos sexos	Hombres	Mujeres
TOTAL		5.570.109	2.743.838	2.826.271	6.370.579	3.138.414	3.232.165
1	Chuquisaca	419.986	203.275	216.711	458.682	222.004	236.678
2	La Paz	1.789.119	876.589	912.530	2.071.075	1.013.920	1.057.155
3	Cochabamba	860.025	417.170	442.855	970.239	470.631	499.608
4	Oruro	366.513	177.855	188.658	408.991	198.308	210.683
5	Potosí	784.828	377.934	406.894	870.221	418.718	451.503
6	Tarija	228.374	114.699	113.675	264.379	132.782	131.597
7	Santa Cruz	874.508	447.919	426.589	1.038.404	531.866	506.538
8	Beni	204.423	105.429	98.994	238.260	122.880	115.380
9	Pando	42.333	22.968	19.365	50.328	27.305	23.023

Cuadro 2 (conclusión)
Bolivia - Proyección de la población por departamentos, según sexo
Período 1970-2000

No.	Deptos.	1990			1995		
		Ambos sexos	Hombres	Mujeres	Ambos sexos	Hombres	Mujeres
TOTAL		7.313.632	3.604.655	3.708.977	8.421.563	4.153.326	4.268.237
1	Chuquisaca	500.984	242.478	258.506	548.244	265.352	282.892
2	La Paz	2.406.185	1.177.863	1.228.322	2.802.696	1.372.310	1.430.386
3	Cochabamba	1.098.508	532.850	565.658	1.247.233	604.991	642.242
4	Oruro	457.833	221.969	235.864	514.557	249.534	265.023
5	Potosí	966.862	465.175	501.687	1.077.118	518.352	558.766
6	Tarija	307.904	154.642	153.262	358.759	180.183	178.576
7	Santa Cruz	1.236.735	633.450	603.285	1.474.616	755.291	719.325
8	Beni	279.381	144.088	135.293	328.441	169.390	159.051
9	Pando	59.240	32.140	27.100	69.899	37.923	31.976

No.	Deptos.	2000		
		Ambos sexos	Hombres	Mujeres
TOTAL		9.724.242	4.799.755	4.924.487
1	Chuquisaca	599.986	290.396	309.590
2	La Paz	3.273.180	1.603.716	1.669.464
3	Cochabamba	1.419.739	688.668	731.071
4	Oruro	579.565	281.241	298.324
5	Potosí	1.201.916	578.784	623.132
6	Tarija	419.115	210.496	208.619
7	Santa Cruz	1.761.060	902.006	859.054
8	Beni	387.025	199.604	187.421
9	Pando	82.656	44.844	37.812

Nota: Los totales de la población por sexo, son los valores de la proyección existente. Fascículo F/Bol.1 INE-CELADE, Marzo 1985.

Cuadro 3
Bolivia - Proyecciones de la población por departamentos,
según área de residencia urbana-rural
Período 1970-2000

		1970			1975		
No.	Deptos.	Población total	Urbana	Rural	Población total	Urbana	Rural
TOTAL		4.324.575	1.651.673	2.672.902	4.894.403	2.021.388	2.873.015
1	Chuquisaca	355.480	74.351	281.129	379.375	81.140	298.235
2	La Paz	1.354.457	607.844	746.613	1.552.355	732.068	820.287
3	Cochabamba	686.743	236.373	450.370	762.879	285.003	477.876
4	Oruro	298.396	145.122	153.274	329.181	166.441	162.740
5	Potosí	646.956	165.531	481.425	695.978	197.823	498.155
6	Tarija	172.983	61.120	111.863	198.993	76.276	122.717
7	Santa Cruz	626.631	292.031	334.600	758.392	393.647	364.745
8	Beni	152.225	65.996	86.229	180.194	85.157	95.037
9	Pando	30.704	3.305	27.399	37.055	3.833	33.222

		1980			1985		
No.	Deptos.	Población total	Urbana	Rural	Población total	Urbana	Rural
TOTAL		5.570.109	2.488.628	3.081.481	6.370.579	3.068.051	3.302.528
1	Chuquisaca	419.986	95.583	324.403	458.682	108.897	349.785
2	La Paz	1.789.119	906.649	882.470	2.071.075	1.112.125	958.950
3	Cochabamba	860.025	354.052	505.973	970.239	435.978	534.261
4	Oruro	366.513	198.338	168.175	408.991	232.955	176.036
5	Potosí	784.828	249.268	535.560	870.221	306.798	563.423
6	Tarija	228.374	97.019	131.355	264.379	122.301	142.078
7	Santa Cruz	874.508	477.662	396.846	1.038.404	610.505	427.899
8	Beni	204.423	104.833	99.590	238.260	131.825	106.435
9	Pando	42.333	5.224	37.109	50.328	6.667	43.661

Cuadro 3 (conclusión)

**Bolivia - Proyecciones de la población por departamentos,
según área de residencia urbana-rural
Período 1970-2000**

No.	Deptos.	1990			1995		
		Población total	Urbana	Rural	Población total	Urbana	Rural
TOTAL		7.313.632	3.763.227	3.550.405	8.421.563	4.571.235	3.850.328
1	Chuquisaca	500.984	123.322	377.662	548.244	139.078	409.166
2	La Paz	2.406.185	1.359.112	1.047.073	2.802.696	1.643.786	1.158.910
3	Cochabamba	1.098.508	531.842	566.666	1.247.233	642.914	604.319
4	Oruro	457.833	272.632	185.201	514.557	316.930	197.627
5	Potosí	966.862	374.287	592.575	1.077.118	452.486	624.632
6	Tarija	307.904	154.104	153.800	358.759	191.118	167.641
7	Santa Cruz	1.236.735	774.352	462.383	1.474.616	969.606	505.010
8	Beni	279.381	165.226	114.155	328.441	204.962	123.479
9	Pando	59.240	8.350	50.890	69.899	10.355	59.544

No.	Deptos.	2000		
		Población total	Urbana	Rural
TOTAL		9.724.242	5.501.859	4.222.383
1	Chuquisaca	599.986	155.009	444.977
2	La Paz	3.273.180	1.974.290	1.298.890
3	Cochabamba	1.419.739	770.127	649.612
4	Oruro	579.565	365.088	214.477
5	Potosí	1.201.916	539.391	662.525
6	Tarija	419.115	234.681	184.434
7	Santa Cruz	1.761.060	1.199.282	561.778
8	Beni	387.025	251.179	135.846
9	Pando	82.656	12.812	69.844

Nota: Los totales de la población 1970 al 2000, son los valores de la proyección existente. Fascículo F/Bol.1 INE-CELADE, Marzo 1985.

Cuadro 4
Bolivia - Población total, urbana-rural, por sexo, según departamentos
Año 1970

No.	Deptos.	Población total			Urbana		
		Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
	TOTAL	4.324.575	2.133.760	2.190.815	1.651.673	801.059	850.614
1	Chuquisaca	355.480	172.054	183.426	74.351	35.097	39.254
2	La Paz	1.354.457	666.955	687.502	607.844	297.399	310.445
3	Cochabamba	686.743	333.116	353.627	236.373	112.237	124.136
4	Oruro	298.396	145.527	152.869	145.122	70.821	74.301
5	Potosí	646.956	313.106	333.850	165.531	79.632	85.899
6	Tarija	172.983	86.879	86.104	61.120	30.025	31.095
7	Santa Cruz	626.631	320.957	395.674	292.031	142.189	149.842
8	Beni	152.225	78.508	73.717	65.996	31.884	34.112
9	Pando	30.704	16.658	14.046	3.305	1.775	1.530

No.	Deptos.	Rural		
		Total	Hombres	Mujeres
	TOTAL	2.672.902	1.332.701	1.340.201
1	Chuquisaca	281.129	136.957	144.172
2	La Paz	746.613	369.556	377.057
3	Cochabamba	450.370	220.879	229.491
4	Oruro	153.274	74.706	78.568
5	Potosí	481.425	233.474	247.951
6	Tarija	111.863	56.854	55.009
7	Santa Cruz	334.600	178.768	155.832
8	Beni	86.229	46.624	39.605
9	Pando	27.399	14.883	12.516

Cuadro 4 (continuación)**Bolivia - Población total, urbana-rural, por sexo, según departamentos**
Año 1975

No.	Deptos.	Población total			Urbana		
		Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
	TOTAL	4.894.403	2.412.165	2.482.237	2.021.388	981.384	1.040.004
1	Chuquisaca	379.375	183.572	195.803	81.140	38.299	42.841
2	La Paz	1.552.355	761.941	790.414	732.068	357.609	374.459
3	Cochabamba	762.879	370.317	392.562	285.003	135.524	149.479
4	Oruro	329.181	160.033	169.148	166.441	81.321	85.120
5	Potosí	695.978	336.075	359.903	197.823	95.558	102.265
6	Tarija	198.993	99.806	99.187	76.276	37.499	38.777
7	Santa Cruz	758.392	387.735	370.657	393.647	192.233	201.414
8	Beni	180.194	92.666	87.528	85.157	41.291	43.866
9	Pando	37.055	20.020	17.035	3.833	2.050	1.783

No.	Deptos.	Rural		
		Total	Hombres	Mujeres
	TOTAL	2.873.015	1.430.781	1.442.234
1	Chuquisaca	298.235	145.273	152.962
2	La Paz	820.287	404.332	415.955
3	Cochabamba	477.876	234.793	243.083
4	Oruro	162.740	78.712	84.028
5	Potosí	498.155	240.517	257.638
6	Tarija	122.717	62.307	60.410
7	Santa Cruz	364.745	195.502	169.243
8	Beni	95.037	51.375	43.662
9	Pando	33.222	17.970	15.252

Cuadro 4 (continuación)
Bolivia - Población total, urbana-rural, por sexo, según departamentos
Año 1980

No.	Deptos.	Población total			Urbana		
		Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
	TOTAL	5.570.109	2.743.838	2.826.271	2.488.628	1.211.794	1.276.834
1	Chuquisaca	419.986	203.275	216.711	95.583	45.158	50.425
2	La Paz	1.789.119	876.589	912.530	906.649	443.146	463.503
3	Cochabamba	860.025	417.170	442.855	354.052	168.645	185.407
4	Oruro	366.513	177.855	188.658	198.338	97.295	101.043
5	Potosí	784.828	377.934	406.894	249.268	121.100	128.168
6	Tarija	228.374	114.699	113.675	97.019	47.834	49.185
7	Santa Cruz	874.508	447.919	426.589	477.662	234.589	243.073
8	Beni	204.423	105.429	98.994	104.833	51.218	53.615
9	Pando	42.333	22.968	19.365	5.224	2.809	2.415

No.	Deptos.	Rural		
		Total	Hombres	Mujeres
	TOTAL	3.081.481	1.532.044	1.549.437
1	Chuquisaca	324.403	158.117	166.286
2	La Paz	882.470	433.443	449.027
3	Cochabamba	505.973	248.525	257.448
4	Oruro	168.175	80.560	87.615
5	Potosí	535.560	256.834	278.726
6	Tarija	131.355	66.865	64.490
7	Santa Cruz	396.846	213.330	183.516
8	Beni	99.590	54.211	45.379
9	Pando	37.109	20.159	16.950

Cuadro 4 (continuación)
Bolivia - Población total, urbana-rural, por sexo, según departamentos
Año 1985

No.	Deptos.	Población total			Urbana		
		Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
	TOTAL	6.370.579	3.138.414	3.232.165	3.068.051	1.497.863	1.570.188
1	Chuquisaca	458.682	222.004	236.678	108.897	51.502	57.395
2	La Paz	2.071.075	1.013.920	1.057.155	1.112.125	543.636	568.489
3	Cochabamba	970.239	470.631	499.608	435.978	208.119	227.859
4	Oruro	408.991	198.308	210.683	232.955	114.638	118.317
5	Potosí	870.221	418.718	451.503	306.798	149.858	156.940
6	Tarija	264.379	132.782	131.597	122.301	60.443	61.858
7	Santa Cruz	1.038.404	531.866	506.538	610.505	301.283	309.222
8	Beni	238.260	122.880	115.380	131.825	64.796	67.029
9	Pando	50.328	27.305	23.023	6.667	3.588	3.079

No.	Deptos.	Rural		
		Total	Hombres	Mujeres
	TOTAL	3.302.528	1.640.551	1.661.977
1	Chuquisaca	349.785	170.502	179.283
2	La Paz	958.950	470.284	488.666
3	Cochabamba	534.261	262.512	271.749
4	Oruro	176.036	83.670	92.366
5	Potosí	563.423	268.860	294.563
6	Tarija	142.078	72.339	69.739
7	Santa Cruz	427.899	230.583	197.316
8	Beni	106.435	58.084	48.351
9	Pando	43.661	23.717	19.944

Cuadro 4 (continuación)**Bolivia - Población total, urbana-rural, por sexo, según departamentos
Año 1990**

No.	Deptos.	Población total			Urbana		
		Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
	TOTAL	7.313.632	3.604.655	3.708.977	3.763.227	1.841.078	1.922.149
1	Chuquisaca	500.984	242.478	258.506	123.322	58.351	64.971
2	La Paz	2.406.185	1.177.863	1.228.322	1.359.112	664.055	695.057
3	Cochabamba	1.098.508	532.850	565.658	531.842	254.282	277.560
4	Oruro	457.833	221.969	235.864	272.632	134.508	138.124
5	Potosí	966.862	465.175	501.687	374.287	183.695	190.592
6	Tarija	307.904	154.642	153.262	154.104	76.299	77.805
7	Santa Cruz	1.236.735	633.450	603.285	774.352	383.745	390.607
8	Beni	279.381	144.088	135.293	165.226	81.653	83.573
9	Pando	59.240	32.140	27.100	8.350	4.490	3.860

No.	Deptos.	Rural		
		Total	Hombres	Mujeres
	TOTAL	3.550.405	1.763.577	1.786.828
1	Chuquisaca	377.662	184.127	193.535
2	La Paz	1.047.073	513.808	533.265
3	Cochabamba	566.666	278.568	288.098
4	Oruro	185.201	87.461	97.740
5	Potosí	592.575	281.480	311.095
6	Tarija	153.800	78.343	75.457
7	Santa Cruz	462.383	249.705	212.678
8	Beni	114.155	62.435	51.720
9	Pando	50.890	27.650	23.240

Cuadro 4 (continuación)
Bolivia - Población total, urbana-rural, por sexo, según departamentos
Año 1995

No.	Deptos.	Población total			Urbana		
		Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
	TOTAL	8.421.563	4.153.326	4.268.237	4.571.235	2.241.144	2.330.091
1	Chuquisaca	548.244	265.352	282.892	139.078	65.839	73.239
2	La Paz	2.802.696	1.372.310	1.430.386	1.643.786	802.801	840.985
3	Cochabamba	1.247.233	604.991	642.242	642.914	307.884	335.030
4	Oruro	514.557	249.534	265.023	316.930	156.768	160.162
5	Potosí	1.077.118	518.352	558.766	452.486	223.124	229.362
6	Tarija	358.759	180.183	178.576	191.118	94.799	96.319
7	Santa Cruz	1.474.616	755.291	719.325	969.606	482.518	487.088
8	Beni	328.441	169.390	159.051	204.962	101.833	103.129
9	Pando	69.899	37.923	31.976	10.355	5.578	4.777

No.	Deptos.	Rural		
		Total	Hombres	Mujeres
	TOTAL	3.850.328	1.912.182	1.938.146
1	Chuquisaca	409.166	199.513	209.653
2	La Paz	1.158.910	569.509	589.401
3	Cochabamba	604.319	297.107	307.212
4	Oruro	197.627	92.766	104.861
5	Potosí	624.632	295.228	329.404
6	Tarija	167.641	85.384	82.257
7	Santa Cruz	505.010	272.773	232.237
8	Beni	123.479	67.557	55.922
9	Pando	59.544	32.345	27.199

Cuadro 4 (conclusión)**Bolivia - Población total, urbana-rural, por sexo, según departamentos
Año 2000**

No.	Deptos.	Población total			Urbana		
		Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
	TOTAL	9.724.242	4.799.755	4.924.487	5.501.859	2.703.739	2.798.120
1	Chuquisaca	599.986	290.396	309.590	155.009	73.436	81.573
2	La Paz	3.273.180	1.603.716	1.669.464	1.974.290	964.113	1.010.177
3	Cochabamba	1.419.739	688.668	731.071	770.127	369.498	400.629
4	Oruro	579.565	281.241	298.324	365.088	181.110	183.978
5	Potosí	1.201.916	578.784	623.132	539.391	267.223	272.168
6	Tarija	419.115	210.496	208.619	234.681	116.656	118.025
7	Santa Cruz	1.761.060	902.006	859.054	1.199.282	599.341	599.941
8	Beni	387.025	199.604	187.421	251.179	125.457	125.722
9	Pando	82.656	44.844	37.812	12.812	6.905	5.907

No.	Deptos.	Rural		
		Total	Hombres	Mujeres
	TOTAL	4.222.383	2.096.016	2.126.367
1	Chuquisaca	444.977	216.960	228.017
2	La Paz	1.298.890	639.603	659.287
3	Cochabamba	649.612	319.170	330.442
4	Oruro	214.477	100.131	114.346
5	Potosí	662.525	311.561	350.964
6	Tarija	184.434	93.840	90.594
7	Santa Cruz	561.778	302.665	259.113
8	Beni	135.846	74.147	61.699
9	Pando	69.844	37.939	31.905

FUENTE: Fascículo F/Bol.1, INE-CELADE; Marzo 1985.

Matriz 1
Bolivia - Población base por departamentos
Hombres-total
1975

Grupos de edad	Total	Chuqui-saca	La Paz	Cocha-bamba	Oruro
TOTAL	2.412.165	183.572	761.941	370.317	160.033
0- 4	424.370	32.744	128.506	65.100	28.315
5- 9	340.942	26.874	104.100	51.666	22.877
10-14	291.353	22.479	91.533	44.231	19.999
15-19	249.451	16.771	77.625	37.877	17.313
20-24	209.256	13.955	67.903	31.858	13.953
25-29	177.809	12.622	57.804	26.726	10.981
30-34	145.710	10.602	47.994	21.538	8.879
35-39	121.354	9.779	38.097	18.803	7.304
40-44	105.582	7.993	35.609	15.355	7.184
45-49	92.805	7.089	31.450	14.341	6.491
50-54	75.120	5.885	24.907	11.428	5.356
55-59	58.359	4.791	18.768	9.757	4.083
60-64	46.605	4.579	14.006	8.558	2.635
65-69	33.514	3.213	10.775	6.010	2.128
70-74	22.679	2.462	7.047	3.953	1.378
75-79	11.689	1.152	3.877	2.135	765
80 y más	5.567	582	1.940	981	392

Grupos de edad	Potosí	Tarija	Santa Cruz	Beni	Pando
TOTAL	336.075	99.806	387.735	92.666	20.020
0- 4	60.697	17.017	69.930	18.047	4.014
5- 9	47.836	14.709	55.136	14.677	3.067
10-14	39.950	12.616	45.990	12.230	2.325
15-19	31.355	11.803	44.439	10.314	1.954
20-24	25.565	8.510	37.858	8.095	1.559
25-29	23.568	7.159	31.103	6.350	1.496
30-34	20.579	5.643	24.221	4.965	1.289
35-39	17.655	4.803	19.803	3.977	1.133
40-44	15.553	4.025	15.527	3.480	856
45-49	14.051	3.492	12.347	2.825	719
50-54	11.678	2.770	9.852	2.633	611
55-59	8.723	2.315	7.465	1.990	467
60-64	7.374	1.989	5.819	1.389	256
65-69	4.823	1.433	4.095	870	167
70-74	3.700	921	2.620	534	64
75-79	1.867	451	1.186	223	33
80 y más	1.101	150	344	67	10

Matriz 2
Bolivia – Población base por departamentos
Hombres-urbano
1975

Grupos de edad	Total	Chuqui-saca	La Paz	Cocha-bamba	Oruro
TOTAL	981.384	38.299	357.609	135.524	81.321
0- 4	149.640	5.043	51.376	20.081	12.179
5- 9	131.331	4.903	44.450	18.340	10.965
10-14	124.589	5.143	42.222	17.935	11.035
15-19	120.152	5.158	42.429	16.577	11.093
20-24	103.447	4.619	40.197	13.675	8.783
25-29	79.635	2.834	31.653	9.994	6.007
30-34	60.442	1.875	23.887	7.480	4.465
35-39	47.506	1.644	18.121	6.242	3.561
40-44	40.446	1.360	16.064	5.248	3.285
45-49	35.551	1.318	14.237	5.022	3.030
50-54	28.370	1.128	10.810	4.235	2.482
55-59	20.623	940	7.679	3.366	1.671
60-64	15.412	827	5.653	2.666	1.088
65-69	10.889	628	3.980	2.025	736
70-74	7.060	478	2.521	1.336	492
75-79	4.324	294	1.583	886	304
80 y más	1.967	107	747	416	145

Grupos de edad	Potosí	Tarija	Santa Cruz	Beni	Pando
TOTAL	95.558	37.499	192.233	41.291	2.050
0- 4	15.929	5.471	31.868	7.361	332
5- 9	13.845	5.050	27.000	6.514	264
10-14	13.002	4.597	24.197	6.265	193
15-19	11.165	5.107	23.009	5.312	302
20-24	8.715	3.844	19.747	3.662	205
25-29	7.246	3.092	16.019	2.622	168
30-34	5.925	2.280	12.392	2.001	137
35-39	4.585	1.855	9.799	1.582	117
40-44	3.868	1.503	7.702	1.344	72
45-49	3.538	1.256	5.959	1.124	67
50-54	2.885	955	4.670	1.146	59
55-59	1.844	816	3.398	863	46
60-64	1.298	626	2.600	618	36
65-69	833	463	1.791	412	21
70-74	475	316	1.168	256	18
75-79	281	187	635	147	7
80 y más	124	81	279	62	6

Matriz 3
Bolivia – Población base por departamentos
Mujeres-total
1975

Grupos de edad	Total	Chuquisaca	La Paz	Cochabamba	Oruro
TOTAL	2.482.237	195.803	790.414	392.562	169.148
0- 4	418.740	32.685	126.755	64.042	27.823
5- 9	342.318	27.352	105.547	51.975	22.936
10-14	294.405	22.273	92.868	44.084	20.547
15-19	254.228	18.623	81.071	40.220	17.930
20-24	216.389	15.650	70.860	33.930	14.461
25-29	183.755	13.968	60.244	28.228	12.022
30-34	150.829	11.841	50.038	23.638	9.928
35-39	128.249	10.445	41.157	20.701	8.338
40-44	111.859	9.169	37.528	17.461	8.270
45-49	97.260	7.827	32.846	15.998	7.198
50-54	80.164	6.852	26.015	13.486	5.819
55-59	64.005	5.538	20.676	11.694	4.583
60-64	51.747	4.985	15.871	9.978	3.339
65-69	38.267	3.554	12.593	7.395	2.672
70-74	27.023	2.839	8.805	5.084	1.729
75-79	15.008	1.386	4.870	3.102	1.007
80 y más	7.991	816	2.670	1.546	546

Grupos de edad	Potosí	Tarija	Santa Cruz	Beni	Pando
TOTAL	359.903	99.187	370.657	87.528	17.035
0- 4	60.273	17.089	68.439	17.774	3.860
5- 9	47.785	14.477	55.018	14.256	2.972
10-14	40.221	12.755	47.167	12.086	2.404
15-19	33.842	11.085	40.768	9.055	1.634
20-24	28.804	8.452	35.509	7.401	1.322
25-29	26.069	7.060	28.797	6.109	1.258
30-34	22.841	5.640	21.478	4.475	950
35-39	19.627	5.016	18.523	3.705	737
40-44	17.743	4.003	13.923	3.224	538
45-49	15.590	3.514	11.179	2.634	474
50-54	13.322	2.889	9.216	2.241	324
55-59	10.369	2.351	6.870	1.688	236
60-64	8.707	1.867	5.630	1.236	134
65-69	6.117	1.287	3.756	789	104
70-74	4.490	954	2.551	515	56
75-79	2.572	506	1.301	239	25
80 y más	1.531	242	532	101	7

Matriz 4
Bolivia – Población base por departamentos
Mujeres-urbano
1975

Grupos de edad	Total	Chuqui-saca	La Paz	Cocha-bamba	Oruro
TOTAL	1.040.004	42.841	374.459	149.479	85.120
0- 4	146.559	5.094	50.221	19.591	12.070
5- 9	130.393	4.846	44.549	17.839	10.933
10-14	125.913	5.257	41.733	17.660	10.675
15-19	124.524	5.496	44.136	17.828	10.434
20-24	109.819	4.965	41.806	15.014	8.441
25-29	85.736	2.910	33.373	11.335	6.566
30-34	66.243	2.307	25.680	8.913	5.151
35-39	54.357	2.095	20.501	7.890	4.307
40-44	46.739	1.956	18.052	6.632	4.181
45-49	40.474	1.723	15.610	6.436	3.518
50-54	32.738	1.621	11.980	5.429	2.811
55-59	24.872	1.290	8.990	4.508	2.054
60-64	19.232	1.092	6.662	3.686	1.471
65-69	13.884	864	4.967	2.703	1.103
70-74	9.471	685	3.249	1.932	708
75-79	5.921	418	1.915	1.383	461
80 y más	3.129	222	1.035	700	236

Grupos de edad	Potosí	Tarija	Santa Cruz	Beni	Pando
TOTAL	102.265	38.777	201.414	43.866	1.783
0- 4	15.745	5.305	31.238	7.041	254
5- 9	13.733	4.918	26.839	6.511	225
10-14	12.960	4.910	26.026	6.447	245
15-19	11.571	5.098	24.723	5.043	195
20-24	9.509	3.990	21.907	4.027	160
25-29	8.001	3.167	17.110	3.103	171
30-34	6.523	2.409	12.751	2.370	139
35-39	5.263	2.060	10.268	1.892	81
40-44	4.553	1.642	7.931	1.722	70
45-49	4.106	1.429	6.119	1.472	61
50-54	3.303	1.102	5.093	1.341	58
55-59	2.441	886	3.684	975	44
60-64	1.791	683	3.050	767	30
65-69	1.234	486	1.993	509	25
70-74	746	358	1.416	363	14
75-79	515	214	829	179	7
80 y más	271	120	437	104	4

Un sistema para procesar Proyecciones de población PRODEM¹

Carlos Olivares

Juan C. Pérez

Harry Simons

Introducción

La rápida evolución de la tecnología durante los últimos años - en términos del diseño de microcomputadores capaces de procesar en poco tiempo grandes volúmenes de datos y el acceso a estas herramientas por parte de las Oficinas Públicas de los países de América Latina -, en muchas oportunidades se ve limitada por el desarrollo de sistemas que permiten el tratamiento de información básica recopilada para satisfacer los requerimientos de una ciencia en particular.

En este sentido y en el caso específico de la demografía, el trabajo conjunto de demógrafos y profesionales del área de la Computación,

¹ Proyecciones Demográficas - Demographics Projections. Versión preliminar, Octubre 31, 1988. CE-LADE Centro Latinoamericano de Demografía Casilla 91, Santiago Chile. Teléfono: 485051 Cable: UNATIONS Telex: 441054 (ITT)

ha requerido que los esfuerzos se orienten hacia la búsqueda e implementación de procedimientos que además al facilitar la tarea del procesamiento, contribuyan a destinar un mayor tiempo en la búsqueda de soluciones para aquellas deficiencias que generan la falta y/o mala calidad de los datos recopilados en la mayoría de los países de la Región.

Con el propósito de contribuir, en cierta medida, a la problemática mencionada en el párrafo anterior, en esta oportunidad el Centro Latinoamericano de Demografía (CELADE) presenta un novedoso Sistema para elaborar proyecciones de población y que ha denominado PRODEM.

I. Antecedentes

Durante los últimos años, CELADE ha desarrollado y puesto a disposición de aquellos profesionales que en sus investigaciones deben contemplar la población como variable y para usuarios en general, dos sistemas para microcomputadores, que aunque con una compleja estructura de programación, a través de un manejo sencillo por parte del usuario, permiten acceder a:

- La recuperación rápida de información censal para niveles geográficos menores, REDATAM y
- La estimación (directa e indirecta) y el análisis de variables demográficas, PANDEM.

La creciente necesidad por parte de los gobiernos de América Latina, de contar con información acerca del volumen y la composición de la población desagregada para niveles geográficos intermedios y/o menores; la ausencia de procedimientos que permita suplir las deficiencias de la información básica y la poca flexibilidad que posee la mayoría de los métodos demográficos disponibles para proyectar las poblaciones de estas áreas en los países de Región, ha creado en CELADE la preocupación de ampliar la asistencia técnica con el propósito de contribuir a la elaboración de proyecciones de población para los niveles geográficos mencionados.

II. Objetivos y planteamiento

Cuando se formularon las pautas de acción para satisfacer los requerimientos mencionados en la sección anterior, se estimó que las líneas de trabajo debían atender a los siguientes objetivos:

- Revisar, analizar y adaptar las metodologías existentes para proyectar la población de divisiones administrativas intermedias y/o menores,
- Estudiar y aplicar nuevas metodologías de carácter demográfico, que permitan la elaboración de proyecciones de población para divisiones administrativas intermedias y/o menores y
- Elaborar un Sistema de Procesamiento que, adaptado para microcomputadores, permitiera elaborar simultáneamente y de modo coherente, proyecciones de población desde el nivel nacional, hasta los niveles geográficos menores.

III. Estructura de PRODEM

De los tópicos presentados en la sección anterior, a continuación se tratará con mayores detalles aquel relacionado con la estructura del Sistema para elaborar Proyecciones de población, aunque se mencionarán en cada caso, algunos aspectos de la investigación metodológica que contribuyeron a la implementación de éste.

Qué es PRODEM ?

"PRODEM es un Sistema interactivo diseñado por el Centro Latinoamericano de Demografía, cuyo propósito principal es el de asistir a demógrafos y usuarios con conocimientos afines, durante la elaboración (en términos de procesamiento) de PROyecciones DEMográficas a través del uso de microcomputadores".

III.1 Características generales

El Sistema, en su versión preliminar, contempla un diseño modular que puede ser instalado en cualquier microcomputador de la serie IBM-PC (o compatible) con capacidad mínima de 640 KB de capacidad y con disco duro.

Durante su utilización, permanentemente se cuenta con un juego de Teclas de Función que tienen incorporada una acción específica ya programada, por ejemplo: grabación de archivos, borrado de archivos, impresión de resultados, configuración de Directorios, etc.².

² Entre las teclas de función, cabe destacar la tecla F7 que permite desconectar temporalmente PRODEM para volver al Sistema Operativo (DOS).

Respecto al ingreso de los datos, el Sistema resulta bastante "amistoso" en el sentido de que las pantallas en forma clara, ordenada y secuencial, permiten al usuario ingresar ya sea toda la información disponible para cada método de proyección o seleccionar modelos que permitan llevar adelante su tarea si dispone de información deficiente.

En cuanto a la salida de resultados, con PRODEM el usuario puede obtener una copia impresa o efectuar un recorrido de ellos a través de la pantalla del microcomputador utilizando una Tecla de Función programada para tal efecto.

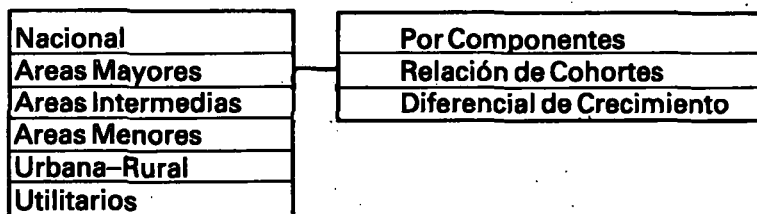
III.2 Selección de módulos

Atendiendo a la disponibilidad de datos básicos para las diferentes áreas geográficas, la estructura de las Divisiones político-administrativas y el alcance, en términos de niveles geográficos y amplitud de tiempo con que generalmente se solicitan las proyecciones en los países de América Latina, PRODEM se ha estructurado en forma de módulos con comunicación entre ellos.

Los módulos de proyección (Ver izquierda Figura 1) que presenta el menú principal del sistema, conduce a procedimientos (Ver derecha Figura 1) que ya han sido probados para elaborar proyecciones de población para el nivel geográfico al que ellos se refieren; por lo tanto, pueden ser adoptados por el usuario como una referencia para elaborar proyecciones de población desagregadas por áreas ³.

Figura 1

Selección de módulos



En cada módulo se dispone de pantallas que permiten crear archivos de datos "nuevos" ⁴, modificar archivos existentes o seleccionar archivos creados en otros módulos.

³ Los nombres dados a los módulos constituyen sólo una orientación respecto al nivel geográfico y procedimiento a utilizar; por lo tanto, si el usuario dispone de información que le permita trabajar en un módulo distinto al recomendado, el Sistema no le impide llevar a cabo su idea.

⁴ Se ha utilizado la expresión "nuevos" para diferenciarlos de aquellos que siendo también nuevos, se pueden crear a partir de otro ya existente. Al respecto, esta posibilidad resulta bastante útil cuando se desea elaborar diferentes variantes (de proyección) modificando información de solo alguna de las variables que contempla el procedimiento de proyección seleccionado.

La factibilidad de seleccionar archivos creados en otros módulos, se debe a que PRODEM posee rutinas de intercomunicación entre todos los módulos de proyección que permiten al usuario:

- a) Una coherencia permanente entre las proyecciones que se elaboran para los diferentes niveles geográficos y
- b) Evitar la posibilidad de error en el re-ingreso de los datos, si se desea utilizar estos archivos como información básica en otro procedimiento de proyección.

III.3 Sobre los métodos de proyección

Los procedimientos de proyección que contiene PRODEM, en algunos casos corresponden a adaptaciones de programas elaborados por la División de Población de las Naciones Unidas y en otros a adaptaciones metodológicas y/o nuevas investigaciones y aplicaciones efectuadas para los países de América Latina en CELADE.

En cuanto a la información básica necesaria y las operaciones implícitas en los procedimientos para proyectar la población, ellos se pueden clasificar en Métodos Demográficos, Métodos de Lógica Demográfica, Métodos Alternativos y Métodos Matemáticos.

III. 3.1 Métodos demográficos

Se considera como método demográfico, aquel procedimiento que permite proyectar la población por cohortes y sexo, teniendo en cuenta las variaciones experimentadas por los "componentes" del crecimiento demográfico, esto es, natalidad, mortalidad y migración.

Los módulos de proyección que contienen este tipo de procedimientos son el Módulo Nacional y el Módulo Áreas Mayores.

El primero, corresponde a una adaptación del Programa de Proyecciones desarrollado por la División de Población de las Naciones Unidas para el "método de los componentes" y en él es factible proyectar la población por sexo y grupos quinquenales de edad de 0 a 80 años y más de edad.

El segundo se refiere al método "por componentes", que también en una adaptación efectuada en CELADE, adoptando como área mayor una proyección elaborada en el Módulo Nacional e ingresando información para una sub-área, permite elaborar proyecciones por sexo y grupos quinquenales de edad del área mayor, la sub-área y para la diferencia entre estas dos.

Al seleccionar cualquiera de estos procedimientos, se puede elaborar proyecciones de población para un período de 150 años, es decir, treinta quinquenios. Además, la información básica puede ser ingresada directamente por el usuario o recurriendo al uso de modelos en el caso de los componentes del crecimiento.

III.3.2 Métodos de lógica demográfica

Estos métodos, se caracterizan por proyectar la población por sexo y edades, permitiendo considerar e identificar la evolución de al menos un "componente" del crecimiento demográfico.

En PRODEM, es factible acceder a estos procedimientos, relación de cohortes y diferencial de crecimiento, a través de los módulos áreas mayores y áreas intermedias.

El método denominado Relación de Cohortes, es un procedimiento que proyecta la población por edades de un conjunto de áreas intermedias y/o menores, considerando la importancia relativa de cada una de ellas, respecto del área mayor que las contiene y tratando las cohortes en forma longitudinal.

Para su aplicación, se requiere disponer para el área mayor de:

- a) Una proyección de población por sexo y edad para el período que cubrirá la proyección de las áreas a proyectar,
- b) Relaciones de sobrevivencia al nacimiento por sexo, según quinquenios,
- c) Tasas globales de fecundidad por quinquenios y una estructura de la fecundidad por edades. Para las áreas a proyectar, se necesita tan sólo la composición por sexo y grupos de edades observada para dos momentos censales consecutivos.

Basándose en las ideas del diferencial de crecimiento presentadas por las Naciones Unidas para proyectar la población total por áreas urbana y rural, CELADE ha elaborado y programado el procedimiento denominado Diferencial de Crecimiento.

Este método proyecta la población por edades de un conjunto de áreas intermedias y/o menores, considerando la importancia relativa de cada una de ellas, respecto del área mayor que las contiene y tratando las cohortes en forma transversal.

Para trabajar con este método, se debe disponer de una proyección por sexo y grupos de edades para una área mayor y la población, también

por sexo y edad, observada en dos censos consecutivos para un conjunto de áreas intermedias y/o menores que la componen.

III.3.3 Métodos alternativos

Estos métodos en PRODEM se refieren a un conjunto de soluciones rápidas para descomponer una proyección por sexo y grupos de edad correspondiente a una área mayor, en proyecciones derivadas.

Para acceder a las alternativas de proyección se debe seleccionar el módulo urbana-rural y en él, proporcionando un "juego de porcentajes" ⁵ por sexo y grupos de edad para cada período de la proyección a elaborar, porcentajes sólo para el momento inicial de la proyección o porcentajes sólo por sexo para cada período, se derivarán proyecciones ajustadas a la del área mayor de acuerdo a la variable para la cual se refieren los porcentajes proporcionados.

III.3.4 Métodos matemáticos

En el módulo "áreas menores," se encuentra programado un conjunto de modelos matemáticos que a partir de información observada en dos o tres momentos en el tiempo, para dos o más áreas menores, permiten proyectar y ajustar al área mayor que las contiene, la población total de cada una de ellas.

Además de proyectar la población, en este módulo se tiene la posibilidad de:

- a) Proyectar la importancia relativa de cada área menor respecto a la del área mayor que la contiene y
- b) Solicitando al Sistema comunicación con el módulo Utilitarios, al recurrir en él al procedimiento denominado "tabla cuadrada", es factible descomponer la población por sexo y grupos de edad de las Áreas Menores proyectadas en el módulo.

Las funciones programadas en este módulo permiten proyectar las poblaciones en forma:

- Lineal
- Exponencial o geométrica
- Logística (de dos asíntotas)

O de acuerdo a las variantes propuestas por:

- Murphy (variante de la logística) ⁶
- Pickard I y Pickard II (extrapolación de proporciones) ⁷

⁵ Para elaborar una proyección de la población por áreas urbana y rural, este "juego de porcentajes" debe referirse a la población urbana. De este mismo modo, es factible utilizar estas alternativas para proyectar la población por tipo de actividad, por estado civil, etc.

⁶ Esta variante, adopta como asíntota superior la población del área proyectada para 60 años después del último censo.

⁷ Originalmente, la variante Pickard II proyecta la población para un momento posterior al intervalo de tiempo transcurrido entre tres censos levantados consecutivamente; pero basándose en el cálculo de los "pesos" de esta versión, en CELADE se ha efectuado una adaptación para obtener estimaciones por quinquenios.

IV. Utilitarios

PRODEM, presenta en el menú principal un módulo denominado **Utilitarios**, que contiene una serie de programas cuya función es efectuar operaciones con los archivos creados en el Sistema.

A través de la opción "Suma de Proyecciones", se despliega una pantalla que contiene todos aquellos archivos creados en los módulos "nacional" y "áreas mayores", que seleccionados pueden ser sumados, obteniendo además de la población por sexo y edad de la agrupación, los "componentes" del crecimiento demográfico correspondiente a ella.

Mediante la opción "tabla cuadrada", a partir de una composición por sexo y edad inicial para un conjunto de áreas geográficas, la población total por sexo proyectada para cada una de ellas y la población por sexo y edad del área mayor que las contiene, proyectada para los mismos momentos, mediante "prorráneos" sucesivos, se obtiene una desagregación por sexo y/o edad de la población de cada área geográfica ajustada a la proyección del área mayor.

La opción "proyección de la mortalidad", que se encuentra en implementación, corresponde a un procedimiento que permitirá interpolar probabilidades de morir, $q(x)$, entre una tabla de mortalidad inicial y otra límite, disponiendo los resultados, en un archivo de salida con las relaciones de sobrevivencia, $(Px, x+5)$, correspondientes a la tabla de vida interpolada de modo que ellas puedan ser cargadas automáticamente en los módulos nacional y áreas mayores.

Así como se espera concluir en este módulo la implementación de la opción "proyección de la mortalidad", se encuentra en estudio la factibilidad de disponer en PRODEM de procedimientos que permitan proyectar la fecundidad y la migración generando archivos de inputs para su uso inmediato.

V. Ventajas y limitaciones de la versión preliminar de PRODEM

Si bien es cierto la versión preliminar de PRODEM presentada en este Seminario, ya constituye una ayuda en la elaboración de proyecciones subnacionales, es evidente que el desarrollo de nuevas metodologías,

la implementación de procedimientos para proyectar los componentes del crecimiento demográfico y las sugerencias que emitan permanentemente los demógrafos y usuarios de los países de la Región, contribuirán al enriquecimiento y mejor utilidad del Sistema.

En términos generales, se estima que esta versión preliminar de PRODEM posee, entre otras, las siguientes ventajas y limitaciones:

Ventajas:

- Permite un ingreso sencillo de la información básica.
- Su intercomunicación entre módulos, permite elaborar proyecciones de población sin perder la coherencia entre los niveles geográficos a proyectar.
- Es un sistema flexible en el sentido que fácilmente permite crear y/o modificar archivos, detectar errores en el ingreso de la información y efectuar operaciones específicas cuya función ya se encuentra programada.

Limitaciones:

- Requiere de un equipo de 640 KB para su instalación
- No permite elaborar estimaciones y proyecciones de los componentes del crecimiento demográfico para su uso inmediato en los procedimientos de proyección.
- Aunque es factible imprimir los resultados, no se cuenta con un formato estándar de impresión.

A pesar de las limitaciones mencionadas, se ha estimado pertinente poner a disposición de los usuarios la versión 1.0 de PRODEM, una vez finalizada la implementación de:

- a) Un programa que permita proyectar la mortalidad disponiendo los resultados de esta operación en un archivo para su uso inmediato en el "método de los componentes" y
- b) Un programa para "convertir" aquellos archivos existentes en el formato recomendado por la División de Población de las Naciones Unidas para elaborar proyecciones por el "método de los componentes", en el formato PRODEM.

Para finalizar, PRODEM ha sido probado con la elaboración de proyecciones para cada uno de los niveles geográficos y desagregación de las variables demográficas detalladas en este informe.

Las pruebas mencionadas, se han efectuado reproduciendo las proyecciones de población elaboradas en forma conjunta por el Centro Latinoamericano de Demografía y el Instituto Nacional de Estadísticas de Chile.

Los niveles geográficos para los cuales se ha proyectado la población, corresponden a aquellos contemplados en la División Político-Administrativa de Chile y que pueden representarse a través del siguiente esquema:

Figura 2
Esquema de la división político
administrativa de Chile

División administrativa	Nivel geográfico	Número de áreas
País	Mayor	
Región	Mayor	13
Provincia	Intermedia	51
Comuna	Menor	335

Para elaborar las proyecciones de población para los diferentes niveles geográficos de Chile, en el caso del Total país, el total del país por áreas urbana-rural y las regiones, se utilizó el "método de los componentes", mientras que para las provincias y las comunas, se usó el "método de relación de cohortes".

Previo a la elaboración de las proyecciones regionales, estas se agruparon por suma dividiendo el país en zonas (tres) y sub-zonas (cuatro), que a su vez fueron proyectadas en el módulo "áreas mayores" de PRODEM ^a.

En la Figura 3 se presenta el esquema de trabajo que permitió elaborar las proyecciones de población de Chile utilizando PRODEM:

Además de las proyecciones de población elaboradas con carácter de oficiales para su publicación posterior, éstas permitieron probar totalmente los programas incluidos en todos los módulos de PRODEM y es así como por ejemplo:

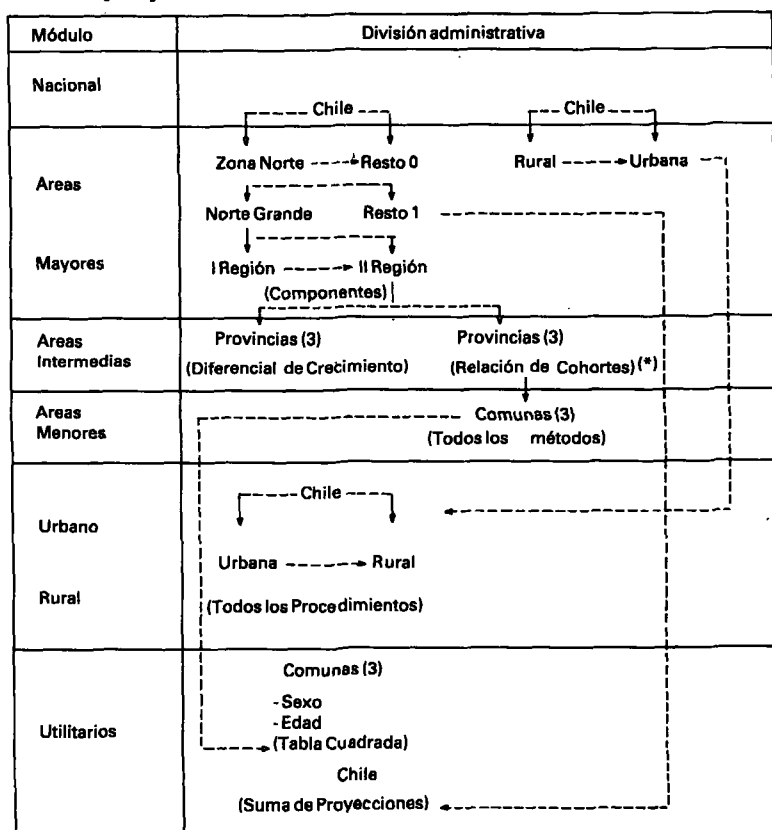
- a) En una primera etapa, se reprodujeron las proyecciones del país, regiones y provincias,

^a Cuando se elaboran proyecciones por "componentes" para varias áreas geográficas en este módulo, es conveniente efectuar en primer lugar agrupaciones homogéneas entre ellas de modo que permitan controlar los "componentes" que se obtienen para el área que resulta por diferencia (Resto). Más aún, con este orden de trabajo, es factible desagregar las proyecciones hasta obtener por diferencia aquella área geográfica para la cual la información básica no permite contar con buenas estimaciones de los "componentes" del crecimiento demográfico.

- b) Con la información básica de las proyecciones provinciales y utilizando como área mayor las proyecciones regionales, en el módulo áreas intermedias se probó el procedimiento "diferencial de crecimiento".
- c) Posteriormente, utilizando los datos de los censos de 1960, 1970 y 1982 a nivel comunal, para proyectar la población total de cada comuna, se aplicaron todos los procedimientos del módulo áreas menores, mientras que con el programa de "tabla cuadrada" del módulo "utilitarios", se desagregaron estas proyecciones por sexo y edad.
- d) Como se disponía de la proyección urbana-rural del país, elaborada en el módulo áreas mayores, esta información permitió probar todas las alternativas de proyección del módulo urbana-rural.
- e) Para finalizar, con la opción suma de proyecciones del módulo utilitarios, agrupando las proyecciones elaboradas para Resto 0, Resto 1, I Región y II Región, se reprodujo la proyección de población elaborada para el Total del país.

Figura 3

Esquema de proyecciones elaboradas con PRODEM



(*) No existe comunicación directa entre estos módulos.

VI Bibliografía

La mayoría de los métodos que contiene PRODEM, corresponden a procedimientos que pueden resultar bastante conocidos para la mayoría de los demógrafos que en algún momento deben elaborar las proyecciones de población en sus respectivos países. Sin embargo, para un mejor apoyo de esta tarea, además de utilizar PRODEM, se recomienda consultar la siguiente bibliografía básica:

BOCAZ, A., "Regresión múltiple lineal: teoría y aplicaciones (I Parte). Regresión en Tablas de Múltiple Entrada (II Parte)"; CELADE, Serie AS/18, San José, Costa Rica, 1973.

CELADE, "Métodos para proyecciones demográficas", Serie E, No.1003; San José, Costa Rica, 1984.

DEMING, W.; "Statistical adjustment of data", Dover, 1943.

DUCHESNE, Louis; "Método de proyecciones de población por sexo y edad para áreas intermedias y menores; Método de relación de cohortes"; CELADE, Santiago, Chile, 1987.

GRANADOS, María del Pilar; "Técnicas de proyecciones de población de áreas menores. Aplicación y evaluación"; CELADE, Serie B-55, Distr.General LC/DEM/G63; Santiago, Chile, 1988.

KAYANI, Ashraf; "Preparing Subnational Population Projections: A Manual for selected indirect methods", CELADE, Serie B No. 48, Santiago, Chile, 1980.

MURPHY, "Propuesta de Murphy para calcular la asíntota superior en la función logística para proyectar la población". Presentada por W. Brass, Apuntes de Jorge L. Somoza, CELADE, Inédito.

NACIONES UNIDAS; "Métodos para preparar proyecciones de población por sexo y edad", Manual III, ST/SOA.A/Ser.A, Nueva York, 1956.

— — — — —, "World Population Prospects as Assessed in 1973", Sales No.E.76.XIII.4, 1973.

— — — — —, "Métodos para hacer proyecciones de la población urbana y rural", Manual VIII, ST/ESA/Ser.A/55, Nueva York, 1975.

— — — — —, "A Modified Method Estimating Age-Specific Survival Ratios", ESA/P/WP.61, Nueva York, 1977.

— — — — , "A User's Manual to the Population Projection Computer Programme of the Population Division of the United Nations", Nueva York, 1982.

PITTENGER, D., "Projecting State and Local Populations", Cambridge, Mass., Ballinger Publishing Co., U.S.A., 1976.

RINCON, M., "Sistema para elaborar proyecciones de población de áreas geográficas de un país, según sexo y grupos de edades, por el método de los componentes", CELADE, San José Costa Rica, 1985.

RINCON, M. y Hernández, H., "Programa para elaborar proyecciones de población de áreas pequeñas por sexo y grupos de edades", CELADE, San José Costa Rica, 1988.

Sistema para elaborar proyecciones subnacionales, de áreas intermedias y pequeñas, por sexo y grupos de edades

Agustín García ¹

Manuel Rincón ²

Introducción

El acelerado crecimiento de la población, las demandas derivadas de tal crecimiento, los efectos de los cambios socioeconómicos y, en general, la complejidad de las actividades humanas en los tiempos modernos, ha puesto en evidencia la importancia y necesidad de planificar las actividades económicas y sociales del futuro, de fijar metas para la acción gubernamental y de evaluar los resultados alcanzados. Tales

¹ Demógrafo – Planificador, Ministerio de Planificación y Política Económica, Panamá.

² Coordinador docente, CELADE, San José Costa Rica

actividades de planificación resultan cada vez más imprescindibles como consecuencia de la limitación de recursos económicos que enfrentan los países y la obligación de lograr el mejor y máximo aprovechamiento de aquellos que puedan estar disponibles.

La aceptación de la planificación como instrumento teórico metodológico para la acción gubernamental, ha llegado a ser considerado por países con diferentes sistemas económicos, diferentes estados de desarrollo y diferentes tamaños poblacionales. En los países en desarrollo su inclusión es muy reciente y su implementación práctica ha estado sometida a una constante evolución.

Es así como los procedimientos más tradicionales de la planificación global y sectorial, se han visto complementados, últimamente por enfoques orientados hacia proyectos de planificación regional, y, más aún, la tendencia es cada vez más hacia la necesidad de acción orientada a grupos poblacionales de áreas intermedias y de pequeñas áreas. Existen además diferencias sustanciales en el alcance de esos planes, la cobertura geográfica y los períodos que se trata de abarcar.

Por otra parte, uno de los avances más importantes que se ha alcanzado en este campo, es el reconocimiento muy generalizado sobre la imperiosa necesidad de considerar a la población como componente básico de los planes de desarrollo económico y social de los respectivos países.

Una consecuencia inmediata de estos nuevos enfoques de la planificación es que está generando una mayor demanda de datos demográficos y estimaciones de población de muy variada naturaleza, datos para áreas geográficas de interés particular y datos con muy diversos grados de desagregación.

En éstas condiciones, las proyecciones de población referidas a regiones económicas, regiones geográficas, áreas metropolitanas, localidades, ciudades, zonas de las ciudades, áreas pequeñas y, en general, áreas administrativas de diversos tamaños, constituyen uno de los principales insumos demográficos para la preparación de los planes de desarrollo, para la formulación de las políticas de acción gubernamental y para la ejecución y evaluación de dichos planes de desarrollo.

Otra consecuencia inmediata de estos cambios, ha sido la necesidad de desarrollar y sistematizar metodologías alternativas, que sirvan a tales propósitos. Se requiere diseñar y adaptar procedimientos apropiados para muy variadas condiciones de disponibilidad de información básica, y de evolución de los medios tecnológicos que pueden utilizarse hoy en día para ese propósito.

En este documento se presentan los principales fundamentos metodológicos, del procedimiento desarrollado para elaborar proyecciones de población, por sexo y grupos de edades, para áreas intermedias de un

país. El programa permite trabajar en situaciones como las prevalecientes hoy en día en muchos países en desarrollo, que no cuentan con datos demográficos muy confiables aunque si disponen, por lo menos, de información de la población por sexo y edades en dos momentos, ya sea de censos de población o registros permanentes de población.

El método apunta a generar proyecciones de población, por sexo y grupos de edades, para divisiones administrativas de tipo intermedio y áreas menores. Su aplicación puede servir también en las proyecciones de población de ciudades y, dentro de éstas, a sectores de una ciudad.

1. Problemas que plantean las proyecciones de áreas pequeñas

El concepto de áreas geográficas, utilizables para la elaboración de proyecciones de población, llega a tener muy variadas dimensiones. Pueden ser las áreas administrativas de un país, pequeñas localidades, ciudades, parte de una ciudad o sectores de tamaño aún más reducido.

El análisis, de la situación, y las tendencias demográficas de la población de pequeñas áreas de un país, presenta dificultades metodológicas de distinto orden y, como consecuencia, a su vez, se dificultan las labores de preparación de las proyecciones de población. Algunos de los factores que dificultan la aplicación de métodos mas refinados para la preparación de este tipo de insumos son:

- a. Como primera medida, por tratarse de áreas pequeñas, los tamaños poblacionales son reducidos y, como consecuencia, los hechos demográficos (nacimientos, defunciones, cambios de residencia habitual), que ocurren en una unidad de tiempo, un año por ejemplo, son también muy limitados. El uso de metodologías demográficas tradicionales para analizar la tendencia histórica de su dinámica demográfica, suele resultar, las más de las veces, inapropiada.
- b. Un aspecto muy común y generalizado de las proyecciones de población de áreas geográficas de un país y, más aún, de áreas muy pequeñas, es que se trata de poblaciones abiertas, expuestas generalmente a fuertes movimientos migratorios internos con efectos muy importantes, a muy corto plazo, sobre la dinámica demográfica de esas áreas. La falta de datos hace difícil determinar la tendencia histórica de estos procesos y, aún más difícil, la predicción de cuál puede ser su evolución. Esta es una situación muy corriente en casi todos los países en desarrollo.

- c. Otro factor que hace difícil la aplicación de metodologías muy elaboradas para la preparación de proyecciones en áreas geográficas pequeñas es que, por lo regular, son zonas con información demográfica muy limitada y deficiente en cuanto a su calidad.
- d. Cabe señalar, además que, en caso de considerar un número elevado de áreas geográficas y, apoyándose en metodologías aún muy simples, la masa de datos que debe manejarse puede ser muy grande. Tal situación hace difícil la producción de proyecciones que sean coherentes en todas sus partes, aunque se disponga de medios tecnológicos muy eficaces.

Resulta por tanto necesario tener claro que la preparación de proyecciones de población por áreas geográficas de un país, es una labor compleja y que, por ello, se presentan problemas no sólo respecto a la selección y adecuación de los métodos a utilizar, sino también al manejo analítico de la información básica.

En este sentido, son muy útiles y válidas las consideraciones que presenta Marc Termote en su documento sobre los problemas metodológicos de las proyecciones de la población urbana ³. Lo allí planteado es indudablemente válido para el caso que se considere un mayor número de áreas.

Finalmente, es bueno señalar también que cuando las proyecciones de población sean ejecutadas con diferentes metodologías, por diferentes personas, diferentes instituciones y en diferentes momentos, puede llegarse a resultados que sean contradictorios. Esto sugiere la conveniencia de disponer de una metodología simple y que pueda aplicarse en forma común y sistemática a todas las áreas de un país, ojalá por un mismo equipo de trabajo.

2. Enfoques metodológicos para elaborar las proyecciones de población de áreas geográficas de un país

Antes de presentar las ideas generales respecto al método de proyección que se propone, se presenta un breve resumen respecto a los posibles enfoques que pueden utilizarse para derivar las proyecciones para las áreas geográficas de un país.

³ Termote, Marc G. "Problemas metodológicos de las proyecciones de población urbana". CELADE, Notas de población, Año X, Volumen 28, abril de 1982.

Cabe señalar que, independientemente de los métodos de proyección que se adopten, las proyecciones de un país pueden seguir por lo menos dos enfoques estratégicos distintos. De una parte, se podrán realizar proyecciones independientes para cada área geográfica particular, incluidas las áreas pequeñas. En tal caso, las proyecciones nacionales se obtienen por suma de todas las proyecciones regionales.

Otra forma completamente distinta, sería partir de las proyecciones nacionales y aplicar a éstas algún procedimiento de desagregación para llegar a las proyecciones regionales y de las pequeñas áreas. En el primer caso, podría hablarse de un método agregativo, en el segundo de procedimientos desagregativos.

De cualquier manera que se proceda, una primera recomendación que puede hacerse respecto a la realización de proyecciones de población de áreas geográficas de un país, es la conveniencia de elaborarlas como parte de un programa general a fin de asegurar la comparabilidad de los resultados con las cifras del total del país.

Así mismo, para asegurar que las cifras sean comparables, en el tiempo y en el espacio, es conveniente que tales proyecciones se definan a partir de una metodología común para eliminar, o por lo menos reducir, las posibilidades de distorsión que puedan provocar procedimientos muy diferentes.

a. Proyecciones de población con base en modelos agregativos

Cuando se trabaja con países que disponen de abundante información demográfica de buena calidad, las cifras nacionales pueden ser obtenidas a partir de proyecciones subnacionales que se hacen en forma independiente y, por suma de éstas, se llega a obtener la proyección nacional.

Este procedimiento se justifica y pareciera correcto aplicarlo en países cuyas estadísticas demográficas a niveles locales tengan una calidad aceptable y que, en todo caso, sean áreas con poca heterogeneidad en sus condiciones demográficas, económicas y sociales, que asegure datos demográficos comparables. Tal es, por ejemplo, el caso de la metodología de las proyecciones de población de la República de Canadá ⁴.

Otro factor que puede justificarlo, es que efectivamente en el país se puedan conocer previamente los planes respecto a políticas de redistribución espacial de la población, o políticas económicas y sociales que

⁴ Statistics Canada. Technical report on population projections for Canada and the Provinces. 1972-2001. July 1975.

como consecuencia de las mismas puedan llevar a cambios en la distribución espacial de la población o sobre las variables determinantes de la dinámica demográfica regional; ejemplo, un plan regional de salud, planes de descentralización administrativa, de inversión, etc.

Se puede mencionar además que la metodología de proyecciones de población así utilizada, permite disponer de información actualizada y confiable para cada sección del país, con la ventaja de que se evitan las discrepancias con las proyecciones nacionales.

b. Modelos de proyección desagregativos

En países en desarrollo en donde la carencia de información demográfica básica, o la deficiencia de la que está disponible, especialmente en lo que se refiere a áreas geográficas y en mayor grado en áreas pequeñas, la aplicación del método de los componentes resulta poco apropiada.

La falta de información para un adecuado diagnóstico de la dinámica demográfica regional y local es una gran limitación para la elaboración de las hipótesis necesarias para la aplicación del método de los componentes. En tales casos, resulta conveniente utilizar metodologías más simples, en las que se engloben los efectos de los componentes, de manera que se compensen los posibles efectos de los distintos errores que puedan incorporarse al tratarlas en forma aislada. Una forma sería derivar las proyecciones de áreas pequeñas, ciudades, etc., apoyándose en resultados de proyecciones de población de áreas mayores, utilizando para ello algunos procedimientos indirectos con base en indicadores que definan las dimensiones cuantitativas entre las subpoblaciones y el total de las regiones así como su dinámica temporal.

Este tipo de modelos resulta más útil y aplicable a países que cuentan con información no tan completa y con deficiencias cuando se utiliza a nivel de áreas geográficas. Incluso ofrece de interés cuando la movilidad espacial a nivel interno del país, es un aspecto demográfico de muy difícil diagnóstico y cuantificación y resulta imposible formular hipótesis sobre comportamiento futuro de esta variable. En estas condiciones el procedimiento a seguir podría ser:

- i. En una primera instancia y para dar un marco de referencia sobre la evolución del probable tamaño de la población del país: elaborar las proyecciones para el total del país y, a lo sumo, para divisiones geográficas de gran tamaño como pueden ser las regiones y las divisiones administrativas mayores. Se supone que por lo menos a nivel nacional se podrá disponer de información demográfica confiable, incluida la información sobre migraciones internacionales.
- ii. De ser posible, elaborar las proyecciones de las divisiones administrativas mayores, área urbana y rural o por grandes regiones en

base al método de los componentes, utilizando la metodología de proyecciones regionales, desarrollada y utilizada en CELADE-San José ⁵. Con ésto se asegura la coherencia entre la proyección nacional y las de las regiones, aspecto muy importante para continuar con el proceso desagregación.

- iii. Obtener las proyecciones de población por sexo y grupos de edades para las divisiones intermedias, menores, de ciudades y otras divisiones que sean necesarias, utilizando el método, desagregativo que acá se propone, aplicado en cada caso a las proyecciones regionales o áreas de mayor tamaño que se derivaron previamente por el método de los componentes.

Este último procedimiento resulta conveniente para situaciones de países con estadísticas escasas y/o no muy confiables, cuando se refieren a divisiones geográficas a niveles muy desagregados, y áreas muy pequeñas, en las que resulta difícil producir los insumos para la aplicación del método de los componentes, por sexo y edad. Se podrá incluso utilizar para proyectar la población de algunas ciudades, apoyándonos en una proyección previa a nivel urbano-rural.

3. Fundamentos metodológicos y supuestos del método

El programa de proyecciones que se presenta en este documento se basa en la metodología propuesta por las Naciones Unidas en el Manual para preparar proyecciones de población por área urbano-rural ⁶. Se apoya en el uso del indicador de urbanización conocido como diferencial de crecimiento urbano- rural, a partir del cual se busca proyectar las relaciones de residencia urbana, por grupos de edad y sexo.

Los indicadores pueden ser determinados a partir de la información de dos o más censos sucesivos adaptándolos, para su aplicación, a los tipos de divisiones geográficas que se deseen proyectar, incluídas las condiciones de las pequeñas áreas de un país.

Esta metodología se utilizó para efectuar proyecciones de población por área urbana y rural y de ciudades en Honduras, áreas administrativas de tipo intermedio y otras zonas de menor tamaño ⁷. El programa com-

⁵ Hernández, Harry y Rincón, Manuel. "Sistema para elaborar proyecciones de población por áreas geográficas de un país, según sexo y grupos de edades, por el método de los componentes". CELADE, San José, noviembre 1985.

⁶ Naciones Unidas. Métodos para preparar proyecciones de población urbana y rural. Manual VIII. ST/ESA/Ser. A/55. Nueva York 1975.

⁷ Camisa, Zulma y Rincón, Manuel. Honduras. Proyecciones de Población. Volumen I. Proyección por sexo y grupos de edades 1950-2000. Población urbana y rural por sexo y grupos de edades 1975-2000. Volumen II. Población económicamente activa urbana y rural por sexo y grupos de edades 1975-1990. Población de doce ciudades por sexo y grupos de edades 1975- 1990. San José, Costa Rica, 1981.

putariado tiene sus orígenes en aplicaciones efectuadas en CELADE, San José, en el marco de requerimientos formulados por las oficinas de Planificación de Costa Rica y Panamá. También se hicieron aplicaciones para la República de Guatemala y la República Dominicana.

El método engloba el efecto de los diversos componentes del cambio demográfico y de esta manera resulta menos problemática su aplicabilidad. Se trabaja con el concepto de diferencial de crecimiento al interior de cada una de esas divisiones mayores.

Debe entenderse el método como un complemento de las proyecciones a nivel nacional. Quiere decir esto, que para su aplicación se requerirá preparar previamente proyecciones de población del total del país y de las divisiones geográficas agregadas. Lo que se pretende es desagregar esos resultados para un conjunto de áreas menores.

El procedimiento propuesto pretende, utilizar el conocimiento que pueda tenerse respecto a la interrelación en la dinámica demográfica de las poblaciones localizadas en pequeñas áreas y la de una región particular del país, más que, con todo el país en su conjunto.

Sea por ejemplo un país o región de un país para el cual se dispone de la población por sexo y grupos de edades para un número cualquiera de áreas geográficas en que se halla categorizado.

Sean: $A(1)_{x,x+4}$, $A(2)_{x,x+4}$, $A(3)_{x,x+4}$, ... $A(s)_{x,x+4}$

Las poblaciones por sexo y grupos de edad en un grupo de s áreas pequeñas las cuales, en conjunto, conforman un área mayor del país o incluso su total; tales conjuntos que estarán cumpliendo la condición de que su suma sea:

$$N_{x,x+4}^t = A(1)_{x,x+4}^t + A(2)_{x,x+4}^t + A(3)_{x,x+4}^t + \dots + A(s)_{x,x+4}^t \quad (1)$$

Se cumplirá también, por otra parte, y para un área particular $A(i)$ en su respectiva región, que queda definida un área complementaria que se notará como $A(ci)$, esto es:

$$A(ci)_{x,x+4}^t = N_{x,x+4}^t - A(i)_{x,x+4}^t \quad (2)$$

Esta información deberá estar disponible por edad y sexo. Si se acepta que entre dos momentos para los cuales se tiene la información las

poblaciones de tales áreas crecen conforme a una ley exponencial esto es que:

$$r \{ A(i)_{x,x+4} \} = \frac{1}{n} \times \ln [A(i)_{x,x+4}^{t+n} / A(i)_{x,x+4}^t] \quad (3)$$

n es el período que cubre los dos momentos para los que se dispone de los datos.

Las tasas así calculadas constituyen indicadores de crecimiento de las áreas y reflejarán, cada una, el efecto combinado de la fecundidad, la mortalidad y el saldo migratorio neto de dicha área, es decir:

$$r \{ A(i) \}_{x,x+4} = b \{ A(i) \}_{x,x+4} - d \{ A(i) \}_{x,x+4} + m \{ A(i) \}_{x,x+4} \quad (4)$$

Con b , d , m , identificando igualmente las tasas de natalidad, mortalidad y el saldo, migratorio neto respectivamente. La natalidad afectará en todo caso a los grupos de población que han nacido entre los dos momentos. Los demás grupos sólo se ven afectados por la mortalidad y la movilidad espacial.

Por otra parte, se define también una tasa de crecimiento para los restos del área que se forman entre la región considerada y cada una de las pequeñas áreas; tasas que tendrán la forma:

$$r \{ A(ci)_{x,x+4} \} = \frac{1}{n} \times \ln [A(ci)_{x,x+4}^{t+n} / A(ci)_{x,x+4}^t] \quad (5)$$

Existirán implícitamente, de la misma manera, indicadores del crecimiento que involucran el efecto neto de la fecundidad, la mortalidad y la migración interna de estos restos poblacionales con las mismas restricciones que se han anotado anteriormente.

$$r \{ A(ci)_{x,x+4} \} = b \{ A(ci)_{x,x+4} \} - d \{ A(ci)_{x,x+4} \} + m \{ A(ci)_{x,x+4} \} \quad (6)$$

A partir de estos conjuntos de tasas de crecimiento de las pequeñas áreas y las de sus complementos regionales, se puede definir un diferencial de crecimiento del área; y lo que representa el resto de la región respecto a cada región particular, lo definiremos como (dc)

$$dc (i)_{x,x+4} = r \{ A(i) \}_{x,x+4} - r \{ A(ci) \}_{x,x+4} \quad (7)$$

Un indicador de crecimiento regional, que es el resultado de los efectos

combinados de los impactos demográficos en la pequeña área y en el resto de la región, esto es:

$$dc(i) = [b \{A(i)\} - b \{A(ci)\}] - [d \{A(i)\} - d \{A(ci)\}] + [m \{A(i)\} - m \{A(ci)\}] \quad (8)$$

Sean $dc(1)_{x,x+4}$, $dc(2)_{x,x+4}$, $dc(3)_{x,x+4}$, ..., $dc(s)_{x,x+4}$

Los diferenciales de crecimiento por edad de una región dividida en s áreas.

Dados estos diferenciales de crecimiento de cada área, se puede definir la relación de residencia que representa la población en el área, respecto a la población total de la región, en un momento anterior o posterior. Tales relaciones espaciales de residencia, tendrán un comportamiento de tipo logístico, cuya forma general será:

$$P(i)_{x,x+4}^{t+n} = \frac{A(i)_{x,x+4}^{t+n}}{N_{x,x+4}^{t+n}} \times 100 = \frac{100}{1 + \frac{A(ci)_{x,x+4}^t}{A(i)_{x,x+4}^t} \cdot e^{-dc(i)_{x,x+4} \cdot n}} \quad (9)$$

Relación de residencia en el momento $t+n$, que además del diferencial de crecimiento respectivo, depende de la distribución espacial de la población en un momento inicial, el momento t . Lo importante acá es que puede utilizarse esta función continua para derivar por interpolación o extrapolación, las proporciones de población que estarán residiendo en cada pequeña área, de una región, en un momento dado.

n representa en este caso el período para el cual se hace la proyección.

Tales relaciones de residencia, entre un área i y el total de la región a que pertenece, medirá la propensión a vivir en un área particular, que tiene la población del área en esa región. El cambio en el nivel de la relación de residencia reflejará, por tanto, la modificación en la estructura de la distribución espacial de la población de dicha región y el diferencial de crecimiento, la intensidad con que se produce ese cambio.

La propensión a residir en un área y no en otra, variará indudablemente por efecto del comportamiento demográfico del pasado y presente y fundamentalmente como consecuencia de la migración interna en la misma región y de cada área respecto al resto del país y con el exterior. Todo esto estará condicionado por los factores socioeconómicos que lo determinan y que estará reflejado, en última instancia, en los diferenciales de crecimiento de cada área.

Si como señala Arriaga, refiriéndose al uso de esta función a nivel urbano-rural, se utiliza para interpolar o extrapolar las proporciones que representa la población en el área respecto a la región, se supone que la diferencia entre las tasas anuales de crecimiento de la población en la pequeña área y su resto, es constante.

En relación a este punto, Arriaga indica que, "Cuando la logística se usa con fines interpolativos, dicho supuesto es aceptable. Cuando la logística se usa para fines extrapolativos, debe ponerse en duda si el supuesto es aceptable. Indudablemente, la respuesta dependerá principalmente de la longitud del período de extrapolación" ⁸.

Además, este autor señala: "La predicción de la población total de subáreas por medio de la función logística, para períodos de tiempo menores de 20 años, depende mucho más del cambio observado de dicha población durante las dos observaciones que se usan como base para determinar la función logística, que de los supuestos realizados sobre los niveles de las asíntotas", y de otra parte, que "para predecir poblaciones de áreas pequeñas, los resultados son muy similares a los de cualquier otro tipo de procedimiento matemático (exponencial, lineal, proyección de la razón, etc.) siempre que el período de extrapolación no sea mayor de 20 años, desde la última observación disponible, y que los resultados se ajusten a una población esperada para el total de las áreas."

En base a supuestos de evolución de dichos indicadores, que sin duda incorpora todos los componentes del crecimiento de la población del área, se pueden proyectar las probables distribuciones espaciales de la población en la región y establecer posteriormente el volumen de población sobreviviente de una población inicial anterior que sirve de base a la proyección.

Para la formulación de los supuestos sobre evolución de los diferenciales de crecimiento, es indispensable conocer, tanto, como sea posible, respecto a la dinámica demográfica regional, así como disponer de elementos de diagnóstico o indicaciones sobre el futuro económico y social de las diversas áreas o grupos de pequeñas áreas.

Como supuestos a utilizar, lo importante en todo caso es que en las hipótesis de cambio de los diferenciales se puedan incorporar los efectos netos que presumiblemente afectarán la distribución espacial de la población.

Se podrá, por ejemplo, suponer que la dinámica demográfica regional evolucionará al mismo ritmo del período analizado considerando por

⁸ Arriaga, Eduardo E. "Variaciones sobre un tema de la función logística". CELADE, Notas de Población, Año XII, Volumen 36, diciembre, 1984.

tanto que los diferenciales de crecimiento por sexo y edad se mantendrán constantes.

Que en caso de preverse cambios, éstos pueden ser incorporados como efectos netos en los supuestos de evolución de los diferenciales de crecimiento con base en algún modelo particular incluidos, por ejemplo, los diferenciales que presenta el área más desarrollada de la región, etc.. También podría pensarse que en un futuro lejano las distintas áreas pueden tener crecimientos más armónicos y, con ello, que los diferenciales de crecimiento tienden a cero o un modelo uniforme dentro de la región.

Estas relaciones de residencia de las áreas por sexo y grupos de edades proyectadas, al ser aplicadas a la proyección de la región, permite obtener las proyecciones de población de las pequeñas áreas, esto es, que:

$$\hat{A}(1)_{x,x+n}^{t+n} = P(i)_{x,x+n}^{t+n} \times N_{x,x+n}^{t+n} \quad (10)$$

Finalmente, en la medida en que las cifras de cada área son obtenidas en forma independiente, es necesario ajustar los valores de cada area, por sexo y edad, a los totales regionales proyectados por el método de los componentes. Esto implica hacer finalmente, el siguiente ajuste:

$$A(i)_{x,x+n}^{t+n} = \hat{A}(i)_{x,x+n} \times \frac{N_{x,x+n}^{t+n}}{\hat{A}(i)_{x,x+n}^{t+n}} \quad (11)$$

Un aspecto importante a tomar en cuenta cuando se elaboran proyecciones de áreas, es que ellas deberían ser preparadas en una oficina central, a fin de evitar las posibles discrepancias y decisiones encontradas que pudieran tomarse con los consiguientes efectos sobre las proyecciones subnacionales, y entre éstas y las proyecciones nacionales.

En este tipo de trabajos, es importante, además, lograr la participación de un grupo interdisciplinario que discuta y defina los posibles cambios en la distribución de la población a la luz de las políticas económicas que se planteen y contribuya a la definición de las hipótesis sobre cambios en la distribución futura.

El modelo presenta una gran flexibilidad y puede adaptarse a las condiciones particulares de cada país. Es posible ajustar y cambiar los supuestos básicos para elaborar resultados alternativos y buscar una mejor coherencia. Es importante señalar que, de cualquier manera, por la masa de datos que deben manejarse, se requerirá disponer de por lo menos un microcomputador.

Una de las principales ventajas de la metodología, es que con ella se llega a cifras de población por regiones y pequeñas áreas que son compatibles en todas sus dimensiones con las del total del país. El modelo se puede trabajar en bloques de áreas pequeñas, lo cual asegura la compatibilidad de las cifras y puede mejorar los resultados que se producen.

El sistema supone cierta elaboración previa de información y en todo caso para su aplicación se requerirá por lo menos las siguientes etapas:

- a. **Análisis de la situación más reciente de los diferenciales de crecimiento entre periodos intercensales o entre diversas fechas en caso de contarse con un registro de población. Obtener a partir de éstos un conjunto corregido de diferenciales de crecimiento por sexo y edad.**
- b. **Elaboración de las proyecciones regionales por el método de los componentes y generación de los archivos con los datos proyectados por sexo y edad para las fechas que se requieren las proyecciones de las áreas.**
- c. **Elaboración con base en los resultados del punto a, y en supuestos, las hipótesis de evolución de los diferenciales de crecimiento por sexo y grupos de edades, de cada una de las pequeñas áreas. Derivar con base en modelos de evolución, las posibles tendencias de dicho indicador.**
- d. **Determinar de acuerdo a los diferenciales de crecimiento proyectados y utilizando un modelo logístico, las relaciones de residencia proyectadas de cada una de las pequeñas áreas para los momentos quinquenales o años particulares requeridos.**
- e. **Obtener a partir de esas relaciones de residencia y la proyección regional, las poblaciones proyectadas de cada área.**
- f. **Ajustar las poblaciones proyectadas de las pequeñas áreas a los totales proyectados en las regiones.**

4. Desarrollo del programa de computación del Sistema

Dada la enorme masa de datos que deben manejarse, cuando se considera una amplia gama de divisiones geográficas, y el volumen de cálculos que deben realizarse, el procedimiento que se propone sólo será recomendable llevarlo a cabo mediante un programa computarizado.

Para tal propósito, se decidió en CELADE-San José, desarrollar y preparar los programas de computación necesarios para ejecutar la mayor parte del proceso operativo del método.

El punto a) señalado anteriormente, conlleva una serie de pasos preparatorios y metodológicos, que son básicos para el logro de los resultados; éstos son:

- Construcción de un archivo de datos con la población por sectores (áreas pequeñas), por sexo y edad en dos momentos, mediante un editor de textos, tipo Word Star.
- Ejecución de un programa que calcula los diferenciales de crecimiento. Este programa se ha denominado "CALCDC". Automáticamente, el programa genera además un nuevo archivo que contiene, entre otras cosas, la población de la fecha más reciente y los diferenciales de crecimiento por sexo y edad.
- Una vez obtenidos los diferenciales de crecimiento, por sexo y edad, debe efectuarse un análisis de ellos, con el propósito de corregir manualmente las irregularidades que se consideren atribuibles a errores de la información básica. Los cambios efectuados deben ser incorporados en el archivo correspondiente, generado en el punto anterior, mediante un editor de textos.

El punto b) implica la utilización del programa de proyecciones por componentes de las Naciones Unidas, adaptado en CELADE-San José. Para esto hay que crear un archivo con los datos básicos en el formato descrito en el manual de las Naciones Unidas ⁹. Debe incluirse en la columna 50 de la tarjeta "VARIANTE" un "1", parámetro con el cual el programa genera automáticamente un archivo con la población proyectada de la región que se va a desagregar, por sexo y grupos de edades. Si los grupos de edades que se utilizan para las proyecciones de áreas pequeñas, son diferentes a los grupos quinquenales, deben efectuarse los cambios en este archivo en un editor de textos.

El punto c) exige la preparación de un archivo con los datos del modelo de diferenciales de crecimiento por sexo y edad, que se consideran como límites, e incluye otro conjunto de parámetros e información adicional (comentarios, fechas de censos, etc). Los pasos d) a f), son efectuados internamente por el programa "PROYDC" tomando los archivos creados anteriormente.

5. Datos básicos necesarios para implementar el programa

Este programa proyecta la población por sexo y grupos de edades de cada una de las áreas menores de una región teniendo en cuenta los siguientes datos:

⁹ "A user's manual to the population projection computer programme of the population. Division of the United Nations", División de Población. ESA/P/WP.77, 1982.

- La población por sexo y grupos de edades de cada una de las áreas que se van a proyectar y la del total de la región que las contiene, en dos momentos de tiempo. Esta información servirá por una parte, para calcular los diferenciales de crecimiento por sexo y edad; de otro lado, la población del momento más reciente será tomada como población base de la proyección en las áreas.
- Una proyección de la región, por sexo y grupos de edades, por el método de los componentes, para los momentos o años que van a proyectarse las áreas menores. Con esta proyección se genera un archivo que contiene los datos poblacionales que usará el modelo.
- Un archivo tipo matricial que contenga los diferenciales de crecimiento por sexo y edad de un punto inicial de la proyección, derivados con base en una evaluación y corrección de los diferenciales de crecimiento observados.
- Un archivo con los modelos de evolución de los diferenciales de crecimiento de cada área, con relación a su respectivo resto dentro de la región y supuestos de cambio que se esperan para dichos indicadores.

Las proyecciones pueden realizarse para períodos quinquenales, pero en caso de disponer de proyecciones de población de la región para años calendario, podrían derivarse proyecciones de áreas pequeñas por dichos años. También el programa puede derivar por interpolación las proyecciones regionales anuales mediante una interpolación lineal de las cifras quinquenales obtenidas por el método de los componentes.

Un aspecto importante que cabe señalar respecto a las proyecciones de áreas pequeñas, es que por bruscos cambios que pueden producirse en la distribución espacial, no parece recomendable realizar este tipo de proyecciones para períodos muy largos. Cinco o máximo diez años, sería un período recomendable y pareciera más que suficiente para los fines de la planificación.

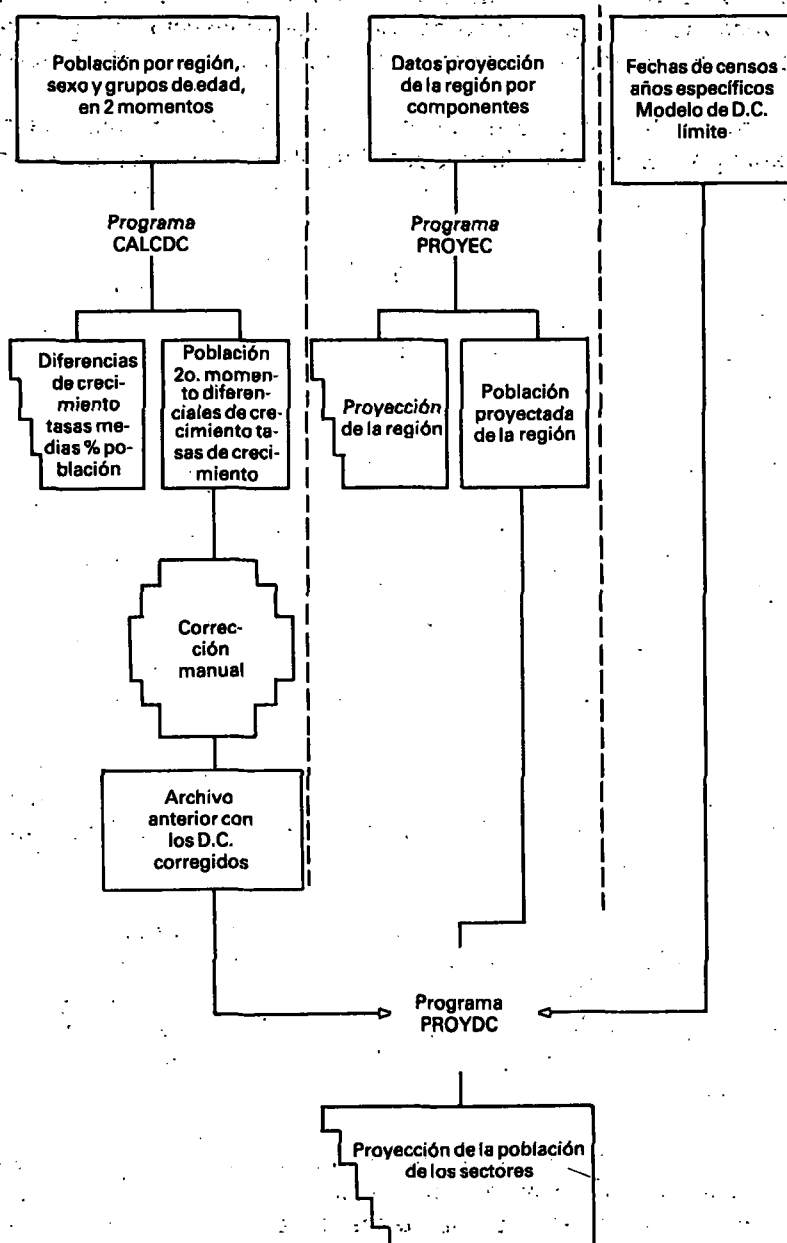
En casos excepcionales, se ha proyectado la población de áreas pequeñas hasta períodos de 15 años. Resulta conveniente en estos casos realizar una cuidadosa evaluación de los resultados tomando en cuenta por ejemplo, y principalmente, la evolución de las tasas quinquenales de crecimiento de la población total de cada área, para los tres períodos quinquenales.

Se deberían analizar las eventuales irregularidades en las tendencias de estas tasas y cuando se considere necesario, corregirlas. Lo recomendado sería modificar tan sólo las tasas del área, para la cual en algún momento del período de proyección su diferencial de crecimiento res-

pecto al resto de los sectores se hace cero o nulo. Cabe señalar, que esto en general no altera en forma significativa los resultados obtenidos para cada una de las restantes áreas pequeñas.

6. Esquema del sistema completo

El siguiente esquema muestra la relación entre archivos y programas para la corrida completa del sistema:



7. Un ejemplo de aplicación del modelo

Se utiliza para este propósito, información correspondiente a una región geográfica de Costa Rica (la región BRUNCA), región conformada por la suma de divisiones geográficas intermedias (Cantones) y con los datos correspondientes a los censos nacionales de población de años 1963 y 1973. En total, la región cuenta con seis cantones.

El procedimiento fue la culminación de un proceso que se inició con la preparación de una proyección nacional elaborada por el método de los componentes con base en el método de Naciones Unidas y proyecciones regionales, las cuales incluyen la Región Brunca, elaboradas por el método diseñado en CELADE-San José, siguiendo también el método de componentes. Las proyecciones de las regiones son coherentes por tanto, con las proyecciones nacionales.

Se dispuso de la información censal para el cálculo de los diferenciales de crecimiento por sexo y edad de cada cantón respecto al resto que conforma con la región Brunca para el período 1963-1973. Tales diferenciales de crecimiento fueron corregidos manualmente para eliminar irregularidades muy evidentes.

Simultáneamente, se tenía la información sobre las poblaciones cantonales por sexo y grupos de edad del año 1973, que constituye la población base de las proyecciones cantonales.

Las poblaciones en este caso se tomaron sin corregir, en la medida que el mismo método hace posteriormente los ajustes del caso.

Aunque se efectuaron pruebas con distintos límites para evolución de los diferenciales de crecimiento por sexo y edad, al final se supuso que los diferenciales de crecimiento evolucionarán en el futuro tendiendo a cero en el año 2000.

La aplicación de esta metodología de proyecciones de población para áreas pequeñas, habiéndose cumplido ya la preparación de las proyecciones de población nacionales y regionales, se realiza siguiendo una serie de etapas que son las que ejecuta en forma consecutiva este programa de computación y que en resumen son:

- a. En base a los diferenciales de crecimiento iniciales y los del modelo límite seleccionado, el programa efectúa una proyección quinquenal de los diferenciales de crecimiento por sexo y edad, a partir de una interpolación lineal y en función del tiempo.
- b. Con los diferenciales de crecimiento de cada quinquenio, y desarrollando una función logística, se efectúa una proyección de las relacio-

nes de residencia cantonales por sexo y grupos de edades. En cada punto de la proyección la función utiliza los diferenciales de crecimiento proyectados y la distribución cantonal de la población en 1973, año base.

- c. Se obtiene luego una proyección preliminar de las poblaciones cantonales, por sexo y grupos de edades, aplicando las relaciones de residencia proyectadas a la proyección de población de la región Brunca, en su respectivo año.
- d. En un cuarto paso, el programa obtiene las poblaciones cantonales, por sexo y edad, ajustadas a las cifras de la proyección regional. Este ajuste es necesario para lograr la coherencia entre las proyecciones cantonales y las de la región.

8. Formato de los archivos que usa el programa

Como ya se ha dicho, el sistema completo consta de tres programas: primero, el programa de cálculo de diferenciales de crecimiento; segundo, el programa de proyecciones de población por componentes de Naciones Unidas; y, tercero, el programa de cálculo propiamente de la proyección por diferenciales de crecimiento.

Programa de cálculo de Diferenciales de crecimiento (CALCDC)

Este programa toma las poblaciones de una región en dos momentos distintos clasificadas en sectores, por sexo y edad, y con ellas calcula:

El formato de los datos de entrada, el cual debe digitarse siguiendo la siguiente descripción:

Tarjeta número	Columnas	Descripción del contenido
1,2 y 3	1-72	encabezados (comentarios)
4	1-4	fecha, año de la primera población (más antigua)
4	5-8	fecha, año de la segunda población
4	9-14	diferencia entre los dos censos (últimos 3 dígitos se asumen decimales)
4	15-34	título describiendo el tipo de sectores a utilizar (urbano, rural, provincias, etc.)
5	1-2	número de sectores (máximo 31)
5	3-4	total de grupos de edad (máximo 18)
6	1-5	título del primer grupo de edad, ej. (0-4)
6	6-10	título del segundo grupo de edad, ej. (5-9)
...	...	
...	...	título del último grupo de edad (si hay más de 14 grupos de edad, los títulos para los grupos 15, 16, etc. se deben localizar en una línea adicional).

Datos correspondientes al primer período

Tarjeta núme- ro	Colum- nas	Descripción del contenido
7	1-8	población total del primer sector; si ocupa menos de 8 posiciones deben dejarse en blanco las columnas necesarias a la izquierda (ajuste a la derecha)
7	9-16	nombre del primer sector, debe contraerse a 8 caracteres
8	1-8	población del primer sector del primer grupo de edad (debe ajustarse a la derecha)
8	9-16	población del primer sector del segundo grupo de edad (debe ajustarse a la derecha)
.	...	
.	...	población del primer sector del último grupo de edad (debe ajustarse a la derecha). Si hay más de 9 grupos de edad, los primeros 9 van en una tarjeta (formato FORTRAN F9.8) y los siguientes van en otras tarjetas con el mismo formato
9	...	datos del segundo sector: datos y formato deben ser los equivalentes a los de tarjeta 7
10	...	datos de la población del segundo sector. Su formato debe ser igual al utilizado anteriormente para la población del primer sector (tarjeta 8)
11	...	idem a tarjetas 7 y 8 para los datos del tercer grupo de edad
.		repetición de información, en formato de tarjetas 7 y 8, para cada uno de los sectores de población que contiene la región

Datos correspondientes al segundo período

los datos para el segundo período de proyección, deben ser idénticos, en cuanto a descripción y formato, a los del primer período de proyección.

Si se desean obtener proyecciones por sexo, se debe incluir un conjunto de datos para un sexo, y luego repetir lo mismo para el otro sexo. Esto es obligatorio cuando se desea correr el sistema completo, pues el programa de proyección por componentes trabaja con la información para cada sexo. En este caso, también es necesario que los grupos de edad sean quinquenales, empezando por el grupo 0 a 4 hasta el 80 y más.

Programa de proyecciones por diferenciales de crecimiento (PROYDC)

Este programa trabaja sobre tres archivos o grupos de datos de entrada, dos de ellos creados en forma automática por el propio sistema y el otro preparado manualmente en un editor de textos.

- El primer grupo de datos son tarjetas con comentarios, encabezados de los cuadros de salida y algunos datos básicos, entre otros, las fechas del primero y segundo momentos (dos censos, por ejemplo) y fechas a las que se refiere la información por sexo y edad de las áreas pequeñas, el número de sectores que componen la región, el año base en que comienza la proyección, el número de periodos a proyectar.
- El segundo archivo debe contener los datos de la población, en el segundo punto a que corresponden los datos básicos del período utilizado como base para la aplicación del método. Esta información, a su vez, servirá de población base del programa de proyecciones en cada una de las áreas. Son las mismas cifras con las que se calculan las tasas de crecimiento de cada sector y los diferenciales de crecimiento de cada una de las pequeñas áreas. Este archivo es generado por el programa del cálculo de los diferenciales.
- El tercer archivo se refiere a las cifras de las proyecciones de población de la región que contiene las áreas pequeñas, archivo que es generado por el programa de proyecciones por componentes, localizando un 1 (uno) como instrucción adicional en la posición 50 de la tarjeta de parámetros en que se incorpora el nombre de la variante y el tipo de datos sobre migración y fecundidad que va a usarse. El formato para esta proyección regional, es el mismo del programa de proyecciones de las Naciones Unidas.

El formato de datos básicos del primer archivo y que debe elaborarse en base a un editor de textos es el siguiente:

Tarjeta número	Columnas	Descripción del contenido
1,2,3	1-80	Comentarios que aparecerán en los cuadros
4. Parámetros básicos		
4	1-2	Número de áreas que se van a proyectar (06, en este caso particular de la región Brunca)
4	3-9	Año de la primera fecha a que corresponden los datos con que se calcularán los diferenciales de crecimiento. Puede llevar hasta tres decimales. Ej. 1963246 (Censo de 1963 de Costa Rica)
4	10-16	Año de la segunda fecha a que corresponden los datos del segundo momento o segundo año para cálculo de los diferenciales de crecimiento. En el ejemplo a continuación 1973364 (Censo de 1973 de Costa Rica).

Tarjeta núme- ro	Colum- nas	Descripción del contenido
4	17-23	Año base de la proyección de las áreas pequeñas. Debe anotarse la fecha más cercana para la cual se requiere la proyección de las áreas
4	24-26	Amplitud de los intervalos de la proyección. Si se hace por quinquenios se digitará 005. Si anualmente, 001.
4	27-28	Número de períodos a proyectar: en períodos quinquenales, el máximo es 04. Para años calendario pueden ser 6 u 11
4	29-32	Año base de la proyección de población de la región por el método de los componentes

5.- Fecha en que los diferenciales de crecimientos alcanzarían los valores límites.

5	1-8	Año en que los diferenciales de crecimiento alcanzarán los valores del modelo de diferenciales elegidos para el primer sector
5	9-16	Idem a columnas 1-8 pero para el segundo sector. Segunda área pequeña
5	17-24	Idem a columnas 1-8 para el tercer sector
5	25-32	Idem a columnas 1-8 para el cuarto sector
.	.	El formato de ocho columnas se repite hasta el décimo
.	.	sector; si el proceso involucra más de ocho áreas, se
.	.	ocuparán las líneas que sean necesarias, siguiendo el
.	.	mismo formato y hasta un máximo de 31

El programa permite hacer proyecciones de las áreas pequeñas para fechas de interés especial, por ejemplo al 1ro. de enero o la fecha en que se ha de realizar un proceso electoral. La siguiente tarjeta sirve para indicar estas fechas.

En caso de que no se deseen estas proyecciones, debe ir una línea en blanco.

6. Fechas de interés especial.

Si hay más de 10 sectores, esta línea ocupará la posición siguiente 7, 8 ó 9.

Tarjeta núme- ro	Colum- nas	Descripción del contenido
6	1-7	Primera fecha de interés especial. Se utiliza esta fecha para proyectarse a esta fecha específica
6	8-14	Segunda fecha de interés especial
⋮		
6	65-71	Décima fecha de interés especial

7. Diferenciales de crecimiento modelos

Aquí deben darse los diferenciales de crecimiento modelos, por grupos de edad, sexo y sector. Cada diferencial ocupa 8 columnas.

Primero se ingresan los correspondientes al grupo de edad 0 a 4 años, del primer sector del sexo masculino. Luego los correspondientes al grupo de edad 5 a 9, y así sucesivamente hasta completar 17 grupos de edad (80 y más); esto ocupa dos tarjetas. Las siguientes dos tarjetas corresponden al siguiente sector del mismo sexo. Esto se repite hasta completar todos los sectores y luego se hace lo mismo para el sexo femenino (ver ejemplo)

Para el caso en que las proyecciones se estén elaborando por grupos quinquenales aquí finalizan los datos de este archivo.

Proyecciones por años calendario

Si se están efectuando proyecciones por años calendario (la columna 24-26 de la tarjeta 4 es 001), deben agregarse después de los diferenciales de crecimiento límites dos líneas, una para la población masculina y otra para la femenina. Con la población total estimada para cada uno de los años a interpolar.

Penúltima tarjeta: población masculina de cada período

1-8	Población masculina total proyectada para el primer año calendario a proyectar
9-16	Idem a columnas 1-8 pero para el segundo año calendario
17-24	Idem a col. 1-8 para el tercer año
25-32	Idem a col. 1-8 para el cuarto año

Nota: En las proyecciones por años calendario, siempre se debe proporcionar la población total estimada, ya sea para 4 u 8 fechas (años) intermedias. Los otros cuatro datos, deben tener el mismo formato anterior a continuación en la misma tarjeta. No se deben incluir los años correspondientes a los quinquenios, pues esta información se encuentra en el archivo generado por el programa de proyección por componentes.

Ultima tarjeta: población femenina de cada período. El contenido es idéntico al de la tarjeta anterior, pero con la información de la población femenina

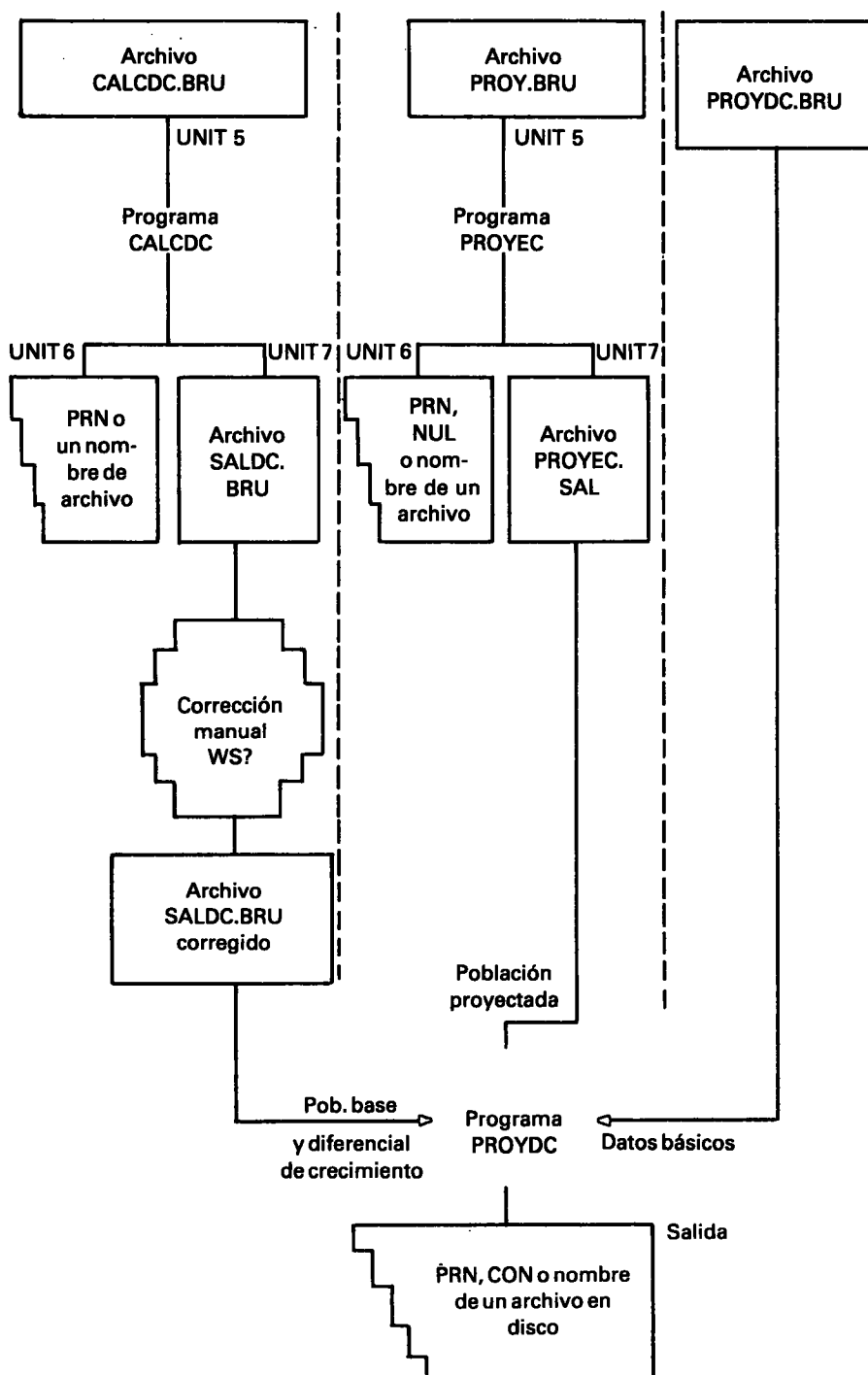
9. Recursos computacionales requeridos

Por el volumen de información que se maneja para la aplicación del método y la que se genera durante su ejecución, el método sólo sería aplicable mediante el uso de equipo computacional. El programa original se escribió para computador BURROUGHS, adaptándose últimamente para uso en microcomputador.

10. Resultados e indicadores demográficos

Aunque la información que produce este programa de proyecciones es más limitada que la que se produce con el método de los componentes, la disponibilidad de cifras proyectadas por sexo y grupos de edades, permite generar una serie de indicadores demográficos que son de interés para un mejor conocimiento de las perspectivas del crecimiento de cada una de las áreas que se proyectan.

A continuación se presenta un ejemplo de la ejecución completa del sistema:



Sistema para elaborar proyecciones subnacionales, por sexo y grupos de edades, por el método de los componentes

Manuel Rincón ¹

Introducción

Se reconoce que la forma como se distribuye hoy en día la población, al interior de cada país, puede ser interpretada como una dimensión territorial de los efectos de las estructuras socioeconómicas predominantes en el pasado. Tales patrones de localización espacial que se caracterizan, en general, por reproducir en el tiempo estructuras hetero-

¹ Coordinador Docente, CELADE - San José, Costa Rica.

géneas respecto a las condiciones económicas, sociales, culturales y demográficas y los problemas que de ello se derivan, requieren enfoques de solución particular y local.

En esta perspectiva, las proyecciones subnacionales de población son insumos demográficos indispensables para múltiples propósitos. Esto es cierto en la medida en que los planes de acción gubernamental buscan dar solución a problemas específicos de cada región y últimamente los enfoques se orientan a resolver, en forma muy particular, los problemas de extrema pobreza; es muy útil, que las perspectivas de población permitan establecer los efectos y consecuencias demográficas particulares de los distintos componentes del cambio en las diferentes dimensiones geográficas.

Es creciente, por ejemplo, la demanda de proyecciones para áreas tales como las zonas urbano-rurales, secciones administrativas (provincias, estados, departamentos, municipios, cantones, etc.), ciudades, áreas económicas, y muchas otras de divisiones geográficas, naturales o administrativas.

A continuación se desarrollan las ideas básicas del procedimiento de elaboración de proyecciones regionales, por sexo y grupos de edades, preparado en CELADE San José, Costa Rica, y que tiene la característica de compatibilizar las proyecciones de las distintas áreas geográficas con las elaboradas previamente para el total del país.

En el capítulo 1, se hace un resumen sobre las características esenciales que están presentes en cualquier programa de proyecciones regionales y se indican los principales problemas o limitaciones que se tienen para preparar proyecciones de las áreas geográficas menores de un país. En el capítulo 2, se plantean los principios básicos en que se apoya el sistema propuesto y se señalan algunas de sus limitaciones y restricciones más importantes.

En el capítulo 3, se describen detalladamente los pasos que se siguen en el programa, así como los insumos que se generan durante su desarrollo. Cabe señalar que el sistema se ha utilizado desde hace algún tiempo, en CELADE- San José, Costa Rica, para hacer proyecciones de las divisiones geográficas de países del área.

En el capítulo 4, se describe brevemente el sistema de proyecciones por componentes, de las Naciones Unidas, programa base para elaborar las proyecciones regionales con la metodología propuesta en este documento.

El capítulo 5 está destinado a definir aspectos teóricos del proceso de generación automática de los insumos - INPUT - para proyección de aquellas áreas que se van deduciendo indirectamente. También se presentan las ideas sobre el procedimiento que debe seguirse para construir los datos de entrada -conocidos como INPUT- requeridos en el proceso de proyección de áreas geográficas.

I. Características básicas de las proyecciones subnacionales de población

1.1 Diferencias con las proyecciones nacionales. Algunos problemas que deben enfrentarse

La preparación de las proyecciones subnacionales de población, en los países en desarrollo, es una necesidad más bien reciente; existen pocas experiencias en este tipo de tarea y es muy importante señalar que no se dispone de desarrollos metodológicos apropiados para utilizar las condiciones de disponibilidad y calidad de la información.

Ante todo, es necesario tener presente que las proyecciones de población para áreas geográficas de un país son, por muchos factores, más difíciles de realizar que las que se hacen para el total del país. Se debe, por una parte, a la gran cantidad de cálculos que conlleva y, también, por causas más generales como son, entre otras, las siguientes:

- a) En las diversas zonas geográficas de los países se presentan, generalmente, una diversidad de condiciones en cuanto a la mortalidad y fecundidad que no siempre puede ser bien establecida. Hay que tener presente, además, que en los países en vías de desarrollo no es frecuente que se produzca y publique la información demográfica con la desagregación requerida.
- b) Como consecuencia de la heterogeneidad en las condiciones económicas, sociales y culturales existen zonas con información muy limitada y deficiente en cuanto a calidad. Se dificulta con esto el diagnóstico de las tendencias históricas de la dinámica demográfica por áreas geográficas.
- c) Las metodologías diseñadas para el análisis socio- demográfico de países en desarrollo, resultan poco apropiadas cuando se aplican a datos de poblaciones afectadas por movimientos migratorios importantes; este factor cobra relevancia cuando la metodología se aplica a poblaciones esencialmente abiertas como son las divisiones geográficas de cada país.

- d) Se trata, en general, de poblaciones que demográficamente se ven afectadas en su crecimiento por los movimientos migratorios internos, variable no considerada cuando se hacen las proyecciones nacionales.

1.2 La compatibilización de las proyecciones nacionales y subnacionales como base del modelo

Como las cifras de las proyecciones de población son utilizadas para definir la asignación de recursos, la inversión de capitales, la evaluación de las necesidades de bienes y servicios y se necesita coherencia entre la planificación global y la regional, se debe también buscar coherencia y compatibilidad de las proyecciones regionales con las nacionales.

Si las proyecciones subnacionales se elaboran en procesos independientes, se van a producir diferencias con las proyecciones que se elaboren para el total del país. Es probable que se empleen métodos de estimación y técnicas de proyección diferentes, y que el grado de objetividad usado en el análisis de los datos básicos, y las decisiones para formulación de las hipótesis, sobre el comportamiento futuro de las variables demográficas, lleven a resultados no coherentes y en algunos casos hasta contradictorios.

Estos aspectos constituyen un factor limitante respecto a la adopción de una metodología particular para hacer proyecciones regionales. Por otra parte la escasa información demográfica disponible no permite aplicar modelos muy sofisticados que, por lo mismo, son más elaborados y deben apoyarse en información de buena calidad.

Se acepta entonces que la estrategia más viable en países en desarrollo, es elaborar, en una primera etapa, las proyecciones nacionales, aprovechando que se trata de poblaciones cerradas y que los datos demográficos para el total del país son relativamente coherentes; posteriormente, en un proceso de desagregación, llegar a obtener las proyecciones subnacionales. Es bajo las consideraciones anteriores, como se ha desarrollado la metodología que se propone en este documento, con la cual se atiende a esta necesidad fundamental de disponer de resultados compatibles.

II. Principios básicos del sistema

2.1 Consideraciones sobre los aspectos metodológicos del modelo

La metodología que fundamenta el sistema, está orientada a la preparación de proyecciones de población por sexo y grupos de edades, para dos o más áreas geográficas de un país, utilizando el método de los componentes demográficos.

Se trata de un sistema integrado, complementario del programa de proyecciones de población por componentes de las Naciones Unidas, que permite construir, en base a un proceso de elaboraciones sistemáticas, los insumos (INPUT) de las proyecciones de las distintas divisiones geográficas que se planea proyectar. Al final se puede disponer de cifras de todas las áreas, derivadas por el método de los componentes y cuya suma es igual a los de una proyección nacional.

En este sentido, cuando se pretenda realizar un plan nacional de preparación de proyecciones de población siguiendo esta estrategia, es necesario que la correspondiente al total del país se elabore en principio como primera prioridad. Con este marco se obtienen las proyecciones de cada una de las áreas del país, mediante un proceso desagregativo que se apoya, en cada paso sucesivo, en las proyecciones previas de áreas mayores.

2.2 Objetivos y ventajas del modelo

El uso de este procedimiento de proyección, aunque presenta dificultades por los problemas de la información básica, tiene en general una serie de ventajas.

1. El hecho subyacente más importante del diseño del sistema es que se busca, en última instancia, preparar las proyecciones subnacionales, por sexo y grupos de edades mediante el método de los componentes.
2. Lograr que las cifras de las proyecciones subnacionales coincidan en el tiempo y en cada uno de sus componentes demográficos con las proyecciones nacionales.

Además, el sistema propuesto resulta atractivo por los siguientes factores:

- Con las facilidades computacionales actuales, se pueden simular diversos comportamientos futuros para cada uno de los componentes del crecimiento, hacer los cambios que se consideren necesarios para conseguir la consistencia interna de los resultados a nivel desagregado, y de sus tendencias en el tiempo. Al final se puede llegar a estimaciones regionales con una coherencia que puede evaluarse y aceptarse cuando se considere que es la más apropiada.
- Sirve como método de evaluación de la consistencia de los comportamientos previstos para la evolución futura de las variables demográficas. Se supone que los resultados alcanzados corresponden a la expresión analítica de las trayectorias futuras, en el tiempo y en el espacio, de los cambios vinculados a políticas o tendencias en los campos de la mortalidad, la fecundidad y la migración.
- El modelo puede manejarse con flexibilidad para adaptarlo a las condiciones particulares de cada país. Es posible usar diversas estrategias partiendo de diversas situaciones, o incluso, proyectar todas las áreas que se contemplen y en base a los análisis de consistencia internos y entre áreas, modificar los supuestos de una o alguna de ellas para mejorar los resultados globales.
- Un aspecto adicional del modelo que resulta sumamente importante es que mediante este procedimiento se puede adoptar la estrategia de elaborar las proyecciones nacionales y subnacionales de cierto nivel en forma centralizada bajo consideraciones homogéneas e integradoras. A partir de estas cifras que servirán de marco de referencia se puede dejar en manos de equipos locales la desagregación y realización de las proyecciones de las divisiones que a partir de allí resulten necesarias. Esta posibilidad resulta hoy indispensable dada la enorme cantidad de requerimientos de cifras de población para divisiones intermedias, áreas menores y pequeñas localidades; se asegura, en todo caso, que nunca se llegue a sobrepasar la proyección nacional.
- Finalmente, cabe agregar que con este sistema se logra una mejor y más amplia información para propósitos de planificación, no sólo por el uso del método de los componentes, sino porque es factible hacer simulaciones con el propósito de evaluar los efectos de posibles estrategias de desarrollo regional.

El programa puede ser utilizado para hacer proyecciones regionales hasta por un período de 30 años, período que resulta más que suficiente para los usos que suele darse a este tipo de estimaciones de población. No tiene limitaciones operativas respecto al número de divisiones.

Es importante señalar que con el procedimiento propuesto se consigue además, que la suma de los nacimientos y defunciones totales y por edad, que se generan a nivel de las regiones, sean iguales a los que se producen al interior de las proyecciones nacionales. Se consigue, desde luego, conciliar los niveles de los indicadores demográficos resultantes, de esos niveles desagregados, con los del total del país. El enfoque que se sigue exige, de todas maneras, el análisis previo de las tendencias históricas de los componentes demográficos, la mortalidad, la fecundidad y la migración interna e internacional, por sexo y grupos de edades. Se requiere así mismo, una proyección independiente de cada uno de esos componentes.

2.3 Datos requeridos

INPUTS del sistema

Como el sistema utiliza el programa de proyecciones de población por componentes, se requiere la elaboración previa de los datos demográficos de las subdivisiones geográficas para producir los insumos necesarios. No es razonable usar el sistema en ausencia absoluta o casi absoluta de datos demográficos.

En cada etapa de un proceso debe existir información que permita construir la base de datos de entrada (INPUT), por sexo y grupos de edades, para el área principal y una de las menores que se intenta proyectar. Así, por ejemplo, si se trata de realizar una proyección de población para las áreas urbano-rural, se requiere lo siguiente:

1. Contar, como primera medida, con datos de una proyección de la población total del país, por sexo y grupos de edades, elaborada por el método de los componentes, que cubra por lo menos el mismo período para el cual se hará la proyección de las áreas o regiones.
2. Disponer de información y estimaciones de los componentes del crecimiento a nivel desagregado por lo menos de una de las áreas. Se necesitan la población base, las relaciones de sobrevivencia por sexo y grupos de edades, las tasas de fecundidad femenina por edad y, claro está, estimaciones sobre saldos migratorios netos. Es deseable que, en la medida de lo posible, se cuente con estimaciones similares - o al menos a nivel global - para la población del área complementaria.

Las estimaciones que se obtienen para el total del país, y por lo menos para algunas áreas o regiones, son más confiables y reflejan mejor sus condiciones de evolución demográfica. El programa establecerá auto-

máticamente las estimaciones de los componentes demográficos por quinquenios, correspondientes del área complementaria, en completa compatibilidad con las proyecciones del área mayor que las contiene.

Para efectos del programa de computación, no es necesario que la población base de las proyecciones nacionales (y las de las regionales) estén en el mismo año. Se requiere, eso sí, que la población base de las regiones, esté ajustada a la estimación de la proyección nacional del mismo año.

Finalmente, sólo se puede trabajar con una variante de evolución de la fecundidad, y no varias alternativas, como se acostumbra en las proyecciones nacionales.

2.4 Aspectos operativos del sistema de proyecciones

El sistema permite la preparación de proyecciones de divisiones que cuenten con un mínimo de información básica necesaria. Consiste, en esencia, en un proceso desagregativo desde divisiones geográficas mayores (agrupación de zonas), hasta áreas de menor tamaño.

Cuando se trabaja con un país en particular, es posible proyectar la población de las distintas divisiones geográficas o administrativas o producir proyecciones para grupos de divisiones administrativas que puedan resultar útiles para los trabajos de planificación. En etapas intermedias sucesivas, se puede obtener las proyecciones de las divisiones administrativas apropiadamente.

En tal sentido y para seguir un proceso que sea rápido y efectivo, conviene hacer previamente agrupaciones de las divisiones pertinentes, buscando conjuntos que produzcan resultados útiles en cuanto a posibles usos que puedan darse a las proyecciones que se van generando. Esto significa que para facilitar la labor y reducir el volumen de cálculo, se deben hacer un estudio y una definición de las áreas antes de iniciar los procesos de preparación de los datos básicos que van a requerirse.

Cada conjunto de áreas que conforman lo que se define como una subregión o como un resto, estarían formados, en ambos casos, por sectores que son usados como base para seguir produciendo las proyecciones de los sectores específicos que contienen.

Quiere decir que disponiendo de una regionalización del país en base a sectores geográficos - los cuales pueden corresponder a una división geográfica particular -, se van obteniendo proyecciones de cada uno de

Diagrama 1

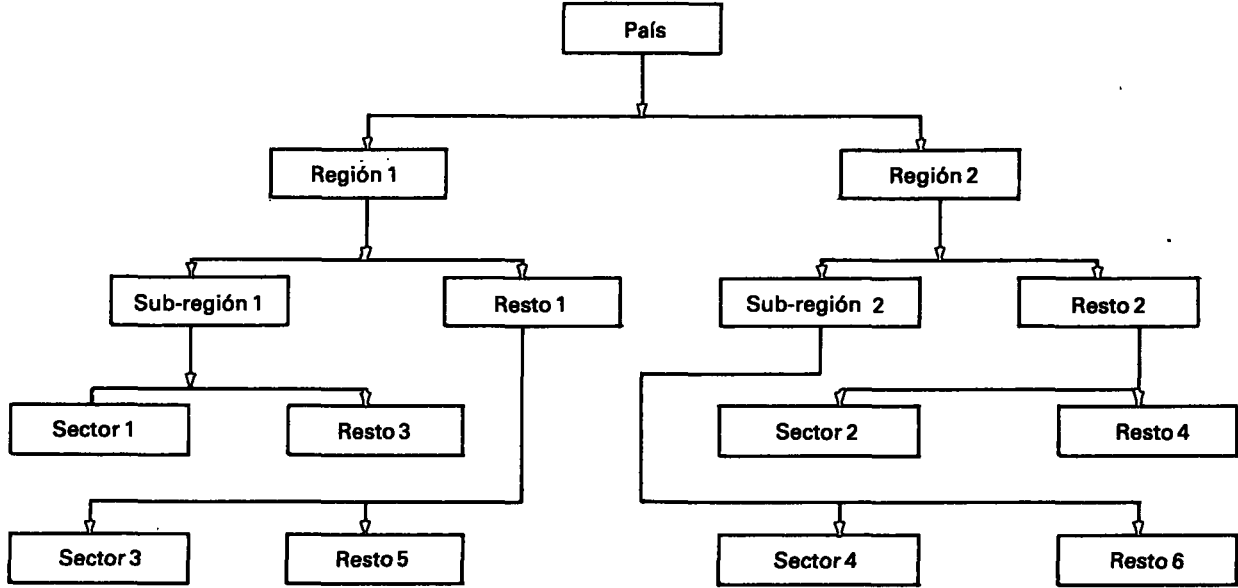
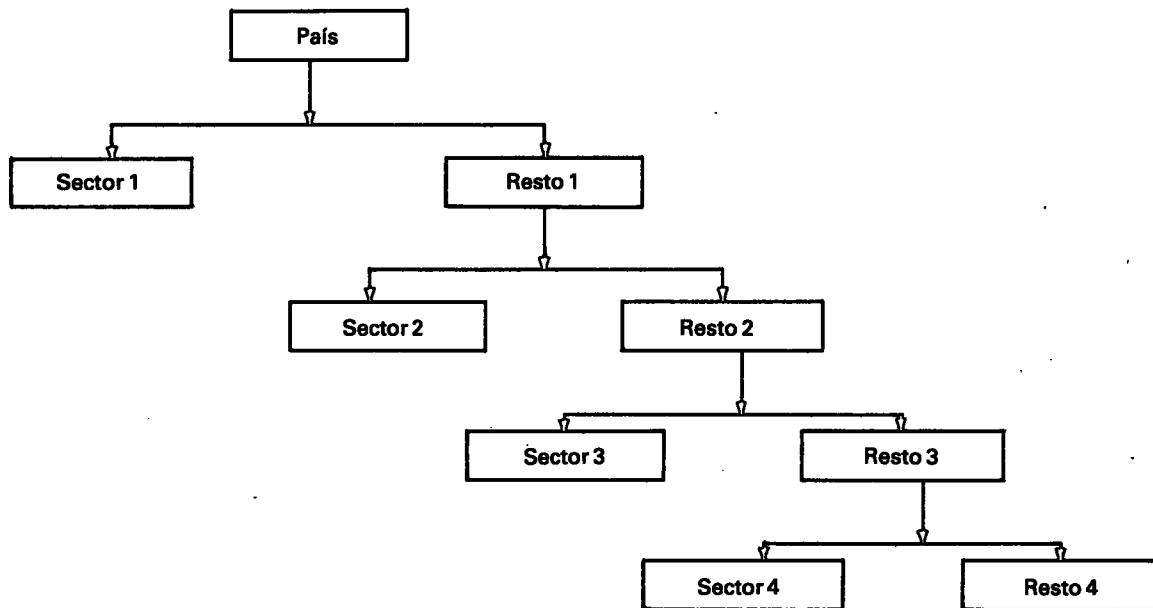


Diagrama 2



ellos. En el diagrama 1 se indica cómo deberá procederse en caso de tener áreas geográficas (sectores), que se han agrupado en subregiones y éstas a su vez en regiones.

La labor también puede desarrollarse trabajando con las divisiones geográficas directamente, en un proceso sucesivo, para generar las proyecciones de cada una de ellas; en este caso el proceso sería como se indica en el diagrama 2.

Apoyados en las proyecciones residuales,- áreas definidas como resto i - se van generando internamente los insumos de las diversas regiones o áreas geográficas que representan cada sector. El proceso se debe realizar n-1 veces el número de sectores. Esta forma de proceder, va a significar no obstante producir, en los pasos intermedios, juegos de proyecciones que no tienen más valor que su utilización al interior del propio programa de proyecciones.

III. Descripción de los principales aspectos metodológicos del programa de proyecciones subnacionales

3.1 Planteamiento general del Modelo de Proyección

Para trabajar con este Modelo de Proyecciones Regionales, es necesario tener presente que el sistema utiliza, como base para su ejecución, el Programa de Proyecciones por Componentes Demográficos elaborado por las Naciones Unidas, en su versión de 250 años. Se requiere, por tanto, conocer las bases metodológicas, su funcionamiento y disponer de la información respecto al formato requerido para confección de los Insumos. En el capítulo 4 se presentan algunas ideas básicas sobre estos aspectos ².

El programa permite disponer de información sobre los nacimientos generados, por grupos de edades de las mujeres de cada período proyectado, información indispensable para que el sistema pueda elaborar

² United Nations. A user's manual to the population projection computer programme of the Population Division of the United Nations. ESA/Pwp. 77. January 1982.

internamente las hipótesis del componente fecundidad de las regiones que son derivadas, en forma residual, como complemento, y compatibles con las dos proyecciones anteriores.

Para la descripción de las bases metodológicas, se considera, por simplicidad, el caso particular de dos áreas geográficas. Para proyectar más de dos divisiones se procede en forma reiterada utilizando en cada paso sucesivo, de derivación de las proyecciones de áreas más desagregadas, las proyecciones de población de aquellas áreas de mayor tamaño que las contiene.

Así, por ejemplo, la proyección de la población de las ciudades puede obtenerse a partir de una proyección previa de la población urbana; ésta, a su vez, puede haberse derivado de una proyección de la población total. La proyección de las áreas administrativas principales de un país, puede apoyarse en una proyección previa de una base regional, que esté diseñada mediante la agrupación de las áreas administrativas principales.

Otro aspecto que debe tenerse presente al utilizar el sistema, es que sólo pueden elaborarse proyecciones subnacionales para un período menor o igual al que se cubre en la proyección nacional y que deben estar comprendidas por las proyecciones nacionales o aquellas agrupaciones de mayor tamaño que se tomen como base.

3.2 Etapas básicas que comprende el sistema de proyecciones regionales

En los puntos que siguen se presenta el desarrollo de las etapas y los principales aspectos metodológicos que conlleva el proceso de elaboración de las proyecciones subnacionales.

En la medida en que el sistema trabaja con el modelo de proyecciones por componentes de las Naciones Unidas, las proyecciones subnacionales se preparan conforme al uso de grupos de edades quinquenales. De esta manera, tanto las proyecciones nacionales como las subnacionales corresponden a estimaciones puntuales para períodos de cinco años. Al efectuar la proyección nacional el sistema obtiene cifras de población por sexo y grupos de edades para los momentos 0, 5, 10, ..., t ..., n .

La primera columna corresponde, en este caso, a la distribución por edad en el momento 0, fecha inicial de la proyección nacional o del área mayor que servirá de base a las proyecciones de áreas de menor tamaño. Las restantes columnas contendrán la población, para el mismo sexo, por grupos de edades, para cinco, diez, etc., años después.

Como segunda medida, se elabora la proyección por sexo y grupos de edades, por el método de los componentes, de una de las dos áreas contempladas. Lo recomendado sería iniciar el proceso con el área que disponga de mayor y mejor información. Un criterio general si existiera la información del caso, sería iniciar el trabajo de proyecciones regionales con el área de menor tamaño para evitar que se acumulen en ella los efectos residuales del método.

Podría hacerse el trabajo partiendo indistintamente con una u otra área, o hacerlo para las dos áreas en forma consecutiva y, después de un análisis individual y comparativo de los resultados, hacer los ajustes del caso para tomar la decisión sobre cuál población conviene proyectar en primera instancia y cuál obtener por residuo.

Si se inicia el proceso con la proyección del área urbana, por sexo y grupos de edades, para períodos de cinco años, la primera columna de este conjunto corresponde a la distribución por edad en el momento inicial de esta proyección subnacional; esta fecha puede o no coincidir con la fecha inicial o base de las proyecciones nacionales, pero deben estar compatibilizadas con las cifras de la proyección nacional en esa misma fecha.

Es importante tener presente que, si en la proyección nacional existen saldos migratorios netos internacionales, deben ser incluidos como parte integral de los supuestos de migración interna, a fin de asegurar la compatibilización de las cifras nacionales con las regionales.

3.3 Proyección residual de la población rural por sexo y grupos de edades

De las cifras de población correspondientes a las proyecciones de población del total del país y las del área urbana, se deriva, por diferencia de las dos, la proyección de la población rural, por sexo y grupos de edades.

Estas cifras son complementarias y absolutamente coherentes con las que se generaron para la población urbana por el método de los componentes. Esta condición se satisface, por sexo y grupos de edades, en cada fecha de la proyección, incluido el año base de la proyección subnacional.

3.4 Algunas limitaciones fundamentales de los resultados así obtenidos

Las cifras residuales constituyen, sin duda, una proyección de la población rural. Los resultados, en la medida en que no han sido derivados por el método de los componentes, tienen las siguientes limitaciones:

- No se dispone de todos los elementos que definen la dinámica demográfica de esta población rural.
- Con sólo las cifras de población, no es posible evaluar la coherencia que debe existir en los resultados de las proyecciones y de los componentes demográficos que están condicionando la evolución de la población de cada zona.
- Una limitación adicional, es la imposibilidad de continuar con el proceso de elaboración de proyecciones a niveles más desagregados. Como se señaló anteriormente, para proyectar áreas de menor tamaño utilizando la metodología que aquí se propone, es necesaria una proyección por componentes de las áreas mayores, que incluyan las de menor tamaño que deban proyectarse. En el capítulo 5 se presentan las ideas básicas del sistema.

Los insumos necesarios, esto es, el INPUT de la proyección en la población rural, se obtienen todos a partir de la proyección residual de la propia área y de los demás elementos incluidos para la preparación de la proyección nacional y la del área urbana. Estos insumos son generados al interior del programa de computación y organizados en forma automática para producir la proyección del área en estudio, por el método de los componentes.

IV. Programa de proyecciones de población por componentes, elaborado por las Naciones Unidas. Datos básicos necesarios

4.1 Fundamentos del método

La metodología para elaborar proyecciones de población conocida como "Método de los Componentes", es uno de los modelos para el estudio de la dinámica poblacional más elaborado y útil en el campo del análisis

demográfico. Este programa es fundamental, ya que permite obtener información más amplia y detallada, así como también una gama de elementos analíticos útiles para fines de planificación.

El sistema de componentes demográficos es, ante todo, una generalización del modelo descrito por la ecuación compensadora cuya forma general es:

$$N^{t+5} = N^t + B^{t,t+5} - D^{t,t+5} + I^{t+5} - E^{t+5} \quad (1)$$

B , representa los nacimientos del quinquenio $t, t+5$; D las defunciones del mismo período; I a los inmigrantes y E a los emigrantes. A su vez, N^t y N^{t+5} , son las poblaciones en dos momentos, separados en el tiempo por una diferencia de cinco años.

Cuando se incorpora la edad como variable de clasificación de la población y explicativa del comportamiento de la mortalidad, fecundidad y migración, el modelo de la ecuación compensadora hace que la relación entre la población en dos momentos se establezca más bien en base a cohortes. En este caso, los términos de la proyección tendrán la forma:

$$N_{x+5,x+9}^{t+5} = N_{x,x+4}^t + B^{t,t+5} - D_{x,x+9}^{t,t+5} + I_{x+4,x+9}^{t+5} - E_{x+4,x+9}^{t+5} \quad (2)$$

La expresión $D_{x,x+9}^{t,t+5}$, representa las defunciones de la cohorte de personas que en el momento inicial tienen edades $x, x+4$ y que al final de la misma, cinco años más tarde, alcanzan la edad $x+4, x+9$.

En la proyección, estas defunciones resultan de aplicar a la población que está viva al inicio de cada quinquenio, las relaciones de sobrevivencia respectivas. El modelo queda finalmente expresado por:

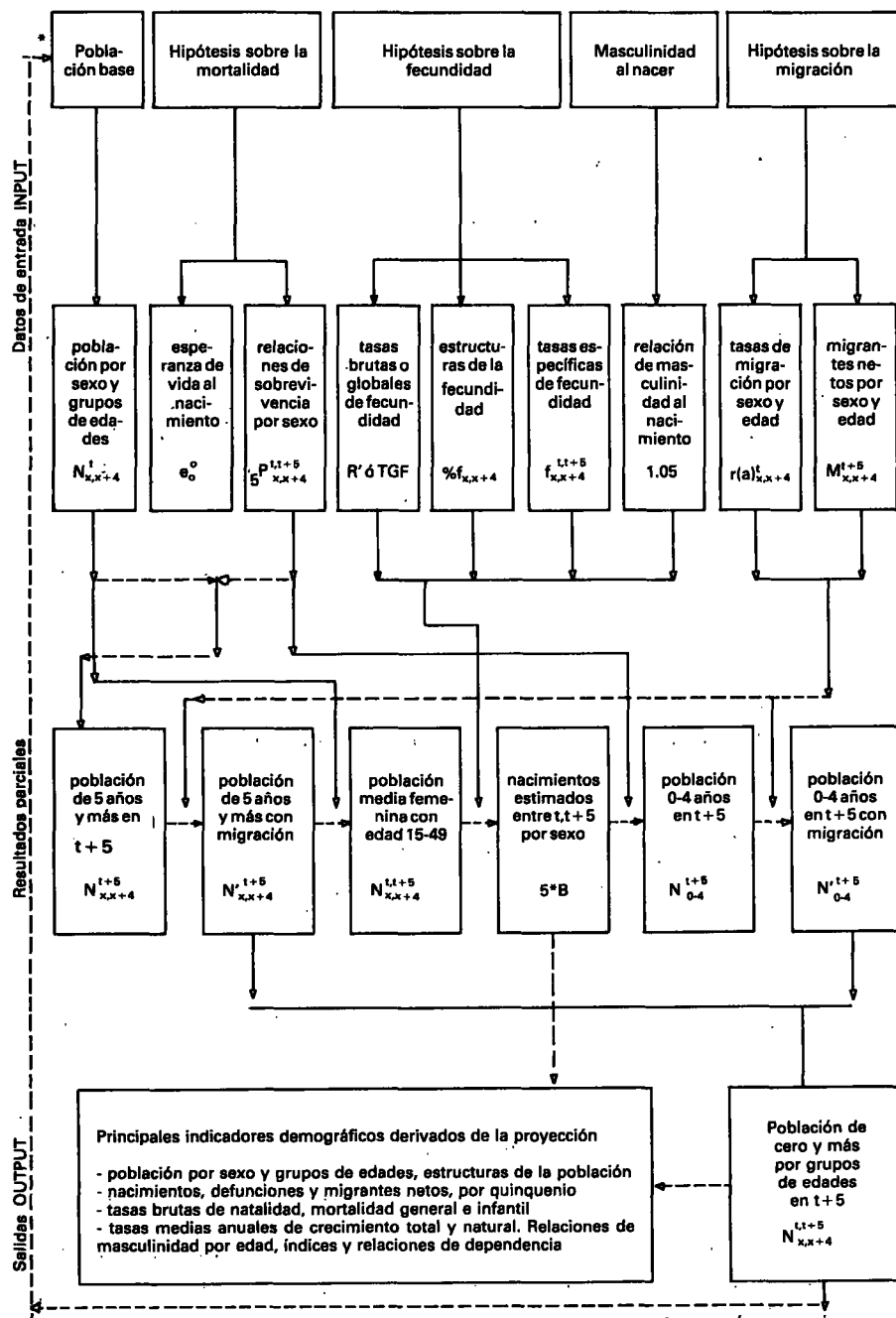
$$N_{x+5,x+9}^{t+5} = N_{x,x+4}^t \cdot P_{x,x+4}^{t,t+5} + B^{t,t+5} + I_{x+5,x+9}^{t+5} - E_{x+5,x+9}^{t+5} \quad (3)$$

Se requiere la preparación previa de los diversos insumos básicos que, en esencia, son:

- a. Una población, por sexo y grupos de edades a la fecha que se tome como punto de inicio de la proyección. Esta se establece corrientemente al 30 de junio de un año específico.

Esquema del programa de proyecciones de población de las Naciones Unidas. Método de los componentes

280788



- b. Un conjunto de relaciones de sobrevivencia por sexo y grupos quinquenales de edades que reflejen las condiciones de mortalidad por sexo y edad de cada quinquenio y las respectivas esperanzas de vida al nacimiento.
- c. El conjunto de tasas de fecundidad o las distribuciones relativas de la fecundidad por grupos de edades de las mujeres, que reflejen las probables condiciones de fecundidad que tendrá la población a lo largo de cada quinquenio. Además, las tasas globales de fecundidad o las tasas brutas de reproducción, que correspondan a las tasas por edad. El modelo usa estas tasas para generar los nacimientos quinquenales por grupos de edades de las mujeres en edad fértil.
- d. Los volúmenes de migrantes netos, o las tasas netas de migración por sexo y grupos de edades para cada quinquenio, en este caso, cifras estimadas al final del respectivo quinquenio. En ambos casos, deben incluirse los volúmenes de la migración neta.
- e. Una hipótesis sobre cómo se distribuirán, por sexo, los nacimientos futuros.

En el esquema anterior se explica el funcionamiento del modelo de proyecciones por componentes, elaborado por las Naciones Unidas.

V. Construcción de los componentes demográficos (INPUT) de la proyección obtenida en forma residual

Esta etapa del programa, constituye, sin duda, la esencia del sistema y consiste en realidad en una serie de elaboraciones y cálculos demográficos destinados a establecer los insumos necesarios para elaborar la proyección de aquella población que en una primera etapa se ha deducido como un proceso residual.

Todo el proceso se ejecuta en forma interna y automática, apoyándose en los resultados preliminares de una proyección obtenida como un residuo de dos proyecciones por componentes y datos de las dos proyecciones básicas. En los siguientes puntos se presenta el desarrollo metodológico y se explica en detalle el procedimiento y los arreglos que hace el programa para construir el archivo de la nueva proyección.

5.1 Insumos básicos generados internamente por el sistema para la proyección que se consigue residualmente

De la compatibilización de las dos proyecciones anteriores, surgen los siguientes elementos, implícitos en ellas y correspondientes a la dinámica de la población rural, de los mismos períodos quinquenales del nivel urbano:

- a) La población base y estimaciones para cinco, diez etc., años más tarde, por sexo y grupos de edades, de la población rural en el caso del ejemplo. Estas poblaciones se obtienen directamente como residuo o diferencia de la población nacional y del área urbana.
- b) Se pueden obtener, para cada quinquenio, los nacimientos por edad de la madre y, en consecuencia, derivar las tasas de fecundidad por edad de la población femenina del área rural.
- c) El componente migratorio por sexo y grupos de edades para la población rural es construido en forma interna por el programa a partir de los saldos migratorios a nivel nacional (migración internacional, en caso de existir) y los saldos migratorios netos que se han estimado para el área urbana. Estos saldos se calculan como la diferencia de las cifras nacionales y las cifras urbanas. Si la migración internacional es nula, la migración para el área rural será igual en valor absoluto a la migración que se incorporó para la población urbana, sólo que debe ser considerada con signo contrario.
- d) *Se determinan, asimismo, las relaciones de sobrevivencia por sexo y grupos de edades, implícitas en las cifras de la población rural; ésto se logra a partir de las cifras de población calculadas como diferencia o residuo. En el punto 5.3 se explica con detalle este punto.*
- e) En base a estas relaciones de sobrevivencia por sexo y grupos de edades, se determinan los niveles de mortalidad implícitos en ellas, en términos de la esperanza de vida al nacer.

Con estos resultados quedan definidos los elementos requeridos para elaborar por el método de los componentes, la proyección de la población residual, la proyección rural en el caso de estar elaborando las proyecciones urbano-rural. El orden en que se explican los cálculos realizados está en función de la forma como se van determinando o quedando definidos los distintos componentes.

5.2 Determinación de la migración interna neta por sexo y grupos de edades para la población rural de cada quinquenio del período de proyección

Una vez efectuadas las proyecciones del total del país y de la primera región que se seleccione (la población urbana por ejemplo), el primer componente que queda definido para la población residual es el relativo a la migración interna neta de cada uno de los períodos de proyección.

En el método de los componentes, los saldos migratorios deben darse en términos de saldos migratorios netos de cada período, por sexo y grupos de edades, o de tasas netas de migración, estimados para las fechas finales de cada quinquenio. Independientemente de la forma como se entreguen las cifras de migración, en las dos proyecciones base, el programa establece una hipótesis de migración interna por sexo y edad en cifras absolutas para cada quinquenio. Así mismo cambia el parámetro correspondiente que identifica el tipo de migración en el formato que construye para la otra zona.

En el caso particular de las proyecciones urbano-rural, áreas que, por construcción, son complementarias respecto al total del país, se cumple que la migración interna neta asignada a una de ellas (la zona urbana, por ejemplo) debe ser por la misma razón, en valor absoluto la misma para la zona rural; aunque con signo contrario. Esta situación ocurrirá siempre que se trabaje con dos áreas que sean complementarias con el nivel nacional.

Cabe mencionar, por otra parte, que si en la proyección nacional han sido considerados saldos migratorios internacionales deben ser incluidos junto con las cifras de la migración interna, teniendo en cuenta, a su vez, que podría afectar en forma diferencial a cada zona. Estos son calculados por el programa mediante la relación:

$$MR_{x,x+4}^{t+5} = MI_{x,x+4}^{t+5} - MU_{x,x+4}^{t+5} \quad (4)$$

MI, MU y MR representan la migración neta internacional, migración neta del área urbana y migración neta del área rural, respectivamente. Para las zonas urbana y rural los saldos incluyen la migración interna y la internacional.

Es importante tener presente este punto al preparar los insumos (INPUT) de cualquier tipo de área, ya que en la medida que la migración interna

es muy diferente según las zonas que se consideren, el programa define la migración de las áreas que se van obteniendo por residuo, conforme a la ecuación (4). Estas cifras de migración son incluidas en forma automática como INPUT del programa de computación para la elaboración de la proyección de la otra región, en este caso de la proyección de población del área rural.

Cuando se trabaje con un gran número de áreas geográficas, será necesario hacer las identificaciones en forma adecuada de tal manera que sea posible establecer, en cada caso, si se trata de una región, de una subregión dentro de una región, de un sector de una región o subregión, etc.

5.3 Determinación de la población base de las poblaciones residuales en general

En toda proyección de población por el método de los componentes uno de los aspectos básicos del modelo es la necesidad de disponer de una población base. Es fundamental, entonces, que en el caso de las proyecciones regionales se haga la determinación de lo que constituye la población base para el total del país y para cada una de las regiones geográficas o áreas que se van a proyectar. Debe controlarse que la suma de las poblaciones bases de las diversas áreas sea igual a la población nacional, tanto para el total como por sexo y grupos de edades.

La población base del área que surge por residuo, se construye en forma directa durante el proceso como diferencia de las dos poblaciones que se construyen en forma directa, esto es, la población base nacional menos la población base del área urbana.

5.4 Determinación de la mortalidad implícita en las cifras de la población rural producida por residuo

Es necesario disponer de una proyección de la mortalidad en términos globales y del comportamiento por sexo y grupos de edades, para cada uno de los períodos proyectados conforme al modelo de componentes. Eso significa que se deben determinar las relaciones de sobrevivencia por grupos de edades de cada sexo, y sus correspondientes esperanzas de vida al nacer.

Tales elementos son derivados en forma sucesiva apoyándose en las poblaciones residuales. Como primera medida se determinan las relaciones de sobrevivencia de cada sexo, por grupos de edades, a partir de las poblaciones definidas para dos momentos.

Tales relaciones de sobrevivencia de cada quinquenio resultan, por construcción, compatibles con las usadas para la proyección nacional y las de la zona urbana. Estas relaciones de sobrevivencia de la población rural son obtenidas a partir de ecuaciones del siguiente tipo:

$${}_5P_{x,x+4}^{t+i/t+i+5} = \frac{R_{x+5,x+9}^{t+i+5} - MR_{x+5,x+9}^{t+i+5}}{R_{x,x+4}^{t+i}} \quad (5)$$

$$i_{t+5} = 0, 5, 10, \dots, 25 ; x = 0, 5, 10, \dots, 75$$

en donde $R_{x,x+4}$ constituye la población rural con edades $x, x+4$ al inicio de un período quinquenal (el año base cuando $i = 0$) y $R_{x,x+4}^{t+i}$ la población rural i años más tarde, es decir, cifras proyectadas de la población rural. En este cálculo deben considerarse además los saldos migratorios netos por sexo y grupos de edad, estimados, en cada caso, al final del respectivo período quinquenal.

Al final, las relaciones de sobrevivencia quinquenales por grupos de edades están dadas por la relación entre la población que se estima al final del período -sin considerar la migración- y la población inicial, esto es:

$${}_5P_{x,x+4}^{t+i/t+i+5} = \frac{\hat{R}_{x+5,x+9}^{t+i+5}}{R_{x,x+4}^{t+i}} \quad (6)$$

en la que $\hat{R}_{x+5,x+9}^{t+i+5}$, representa la estimación de la población sobreviviente en el momento $t+5$, de la cohorte correspondiente a las personas que en el año base tenían edades comprendidas entre x y $x+4$.

Las relaciones de sobrevivencia así obtenidas son, en principio, las requeridas para reproducir la población por sexo y grupos de edades de la población rural, utilizando a su vez el método de los componentes.

Con este proceso de construcción de las relaciones de sobrevivencia se asegura que las sumas de las poblaciones urbana y rural de cada sexo, y por grupos de edades, sea igual a la población total del país, proyectada previamente.

Cabe señalar que el considerar dos áreas que son complementarias respecto a un área de mayor nivel, deben efectuarse las estimaciones sobre movilidad espacial y definir los saldos migratorios netos que se asignan a cada una de ellas. Tales estimaciones deben contener, los efectos respecto al resto del país. Esto significa que los saldos netos se calculan como la suma algebraica de la migración que se produce al interior de las dos áreas específicas y la migración que afecta a cada una de ellas respecto al resto del país y con el exterior.

5.5 Cálculo de los niveles de mortalidad por sexo, correspondiente a las relaciones de sobrevivencia construídas conforme a lo señalado en el punto 5.4

La estructura de la mortalidad, definida por el conjunto de relaciones de sobrevivencia, lleva implícita una mortalidad general que por la forma de derivación de las relaciones de sobrevivencia, es -por construcción- compatible con los definidos para la zona urbana y con los del total del país.

Con estas relaciones de sobrevivencia del área rural, calculadas conforme a lo indicado en el punto 5.3, se puede determinar la mortalidad general por sexo, en términos de la esperanza de vida al nacimiento. Dichas cifras permiten un análisis comparativo con los definidos para el área urbana y el total del país y, por tanto, la evaluación y control de aspectos de interés, como son:

- a. Asegurar que las diferencias de mortalidad entre los sexos, que se define para cada zona, ya sea por construcción o las derivadas en forma interna, mantengan la coherencia esperada en cuanto a sobre-mortalidad femenina y que las diferencias de mortalidad entre zonas tengan valores apropiados.
- b. Que la evolución de la mortalidad de cada uno de los sexos en todas y cada una de las áreas mantengan una coherencia satisfactoria, esto es, que en todas las áreas se produzcan ganancias entre un quinquenio y otro.

Al final se obtienen cifras para la serie de quinquenios proyectados, que permiten efectuar una comparación respecto a los niveles y tendencias de la mortalidad de cada zona y sus relaciones respecto al total del país, según sexo y edad.

También se logran evaluar los supuestos utilizados en el establecimiento de la mortalidad por sexo y edad, usados en la proyección de la población

urbana. Se puede entonces aceptarlos, o modificarlos en caso de que los valores resultantes para la población del área rural parezcan inaceptables e incluso contradictorios.

De este proceso pueden resultar indicaciones sobre la conveniencia de efectuar cambios en los supuestos de las tendencias de las proyecciones de la mortalidad, de la fecundidad, o incluso sobre la migración neta de cada área. Se pueden hacer modificaciones buscando establecer la dinámica de evolución demográfica más adecuada para las áreas en conjunto.

También, cuando las proyecciones se realizan para un mayor número de áreas, se podrían efectuar los controles y modificaciones para lograr proyecciones regionales coherentes en términos de las diferencias regionales que suelen existir y sobre las cuales pueda haber algún tipo de evidencia.

5.6 Derivación de la fecundidad de la población del área rural

El otro componente demográfico requerido para elaborar una proyección de población por el método de los componentes es la fecundidad. Como en el caso de la mortalidad, el comportamiento histórico y su proyección plantean la necesidad de hacer un diagnóstico de cuáles han sido sus condiciones más recientes y las características según la edad de las mujeres.

La fecundidad general se expresa corrientemente en términos de las tasas globales de fecundidad o en tasas brutas de reproducción y su estructura mediante las tasas de fecundidad por edad de las mujeres en edad fértil. Nuevamente, lo más importante del sistema es que tales elementos, para la población rural y de todas las áreas que se obtengan por residuo, deberán ser compatibles con las cifras definidas para la población total y para el área urbana.

5.7 Determinación de los nacimientos por grupos de edades de las mujeres, de cada quinquenio

El programa de proyecciones de población de las Naciones Unidas permite obtener, con base en las tasas de fecundidad por edad y de las poblaciones medias de cada período quinquenal, el número de naci-

mientos por grupos de edades de las mujeres. Este cálculo se realiza tanto para el total del país, como para la población proyectada del área urbana.

$$BN_{(x,x+4)}^{t+i/t+i+5} = 5 * f_{x,x+4}^{t,t+5} * \bar{N}_{x,x+4}^{t/t+5} \quad (7)$$

$$BU_{(x,x+4)}^{t+i/t+i+5} = 5 * f_{x,x+4}^{t,t+5} * \bar{N}_{x,x+4}^{t/t+5} \quad (8)$$

para $i = 5, 10, \dots, 25$; $x = 15, 20, \dots, 45$

Por diferencia, de los nacimientos estimados para el total del país y los estimados para el área urbana, en cada edad, se obtiene una estimación de los nacimientos que se espera han de ocurrir, por quinquenio, entre las mujeres que habitan en las áreas rurales.

Estas nuevas cifras de nacimientos resultan compatibles, por construcción, con los totales nacionales y con los que se estima han de ocurrir entre las mujeres del área urbana. En líneas generales, se tiene:

$$BN_{(x,x+4)}^{t+i} = BU_{(x,x+4)}^{t+i} + BR_{(x,x+4)}^{t+i} \quad (9)$$

5.8 Determinación de las tasas de fecundidad por edad de la población rural

Una vez que han obtenido los nacimientos de cada quinquenio por grupos de edades de las mujeres del área rural, y contando así mismo, con las estimaciones de las poblaciones medias femeninas por grupos de edades, se pueden determinar las tasas de fecundidad por edad correspondientes a la población del área rural, mediante la siguiente relación:

$$f_{x,x+4}^{t/t+5} = \frac{BR_{(x,x+4)}^{t/t+5}}{\bar{R}_{x,x+4}^{t/t+5}}$$

$t = 0, 5, 10, \dots, 30$; $x = 15, 20, \dots, 45$

Siendo $\bar{R}_{x,x+4}^{t/t+5}$ la población media femenina del área rural, por grupos de edad, estimada a mitad del período quinquenal respectivo. Con dichas tasas se calcula la tasa global de fecundidad.

Como en el caso particular de la mortalidad, es posible efectuar un análisis de la consistencia en los niveles y tendencias de la fecundidad en cada zona y de las dos en conjunto respecto al total del país. Si se dispone de información del pasado, se podrá analizar la coherencia y compatibilidad de la fecundidad general y de las estructuras de la fecundidad resultantes. En todos los casos es posible hacer ajustes para lograr resultados más acordes con las condiciones particulares de las áreas que se consideran.

5.9 Proyección de la población por sexo y grupos de edades de la zona rural, por el método de los componentes

Una vez contruídos los diversos componentes demográficos, así como la población base por sexo y grupos de edades; insumos requeridos para elaborar una proyección por componentes, el programa elabora la proyección de la población rural utilizando ahora el método de los componentes de las Naciones Unidas, al igual que se hizo para el total del país y para la zona urbana.

De esta manera, cuando las estimaciones resultantes sobre la mortalidad y fecundidad son las aceptadas, se llega a tener un juego de proyecciones de población por sexo y grupos de edades para las zonas urbana y rural. Estos serán absolutamente compatibles con las proyecciones nacionales, elaboradas en primera instancia, y que han servido de cota o marco de la evolución demográfica del país en su conjunto.

Se obtienen resultados que aseguran evoluciones coherentes de las variables demográficas, al interior de cada zona, y de cada una de ellas respecto a la otra y al total del país. Se logra disponer para las dos áreas de toda la gama de indicadores con lo que se resume la dinámica demográfica en una proyección por el método de los componentes.

Es bueno tener presente que partiendo de una proyección nacional, y si el interés es producir proyecciones de población para un total de n áreas, es necesario repetir el proceso de las proyecciones regionales $n-1$ veces. En cada oportunidad, debe incorporarse información adicional sobre mortalidad, fecundidad, y migración interna de cada una de las áreas que se desea proyectar. Es necesario que la migración interna se refiera a la movilidad respecto al nuevo resto que se crea.

A continuación se presenta un diagrama general sobre la forma de funcionamiento, del programa de proyecciones regionales expuesto anteriormente y, con el cual se busca resumir las ideas básicas del sistema que se propone para elaborar las proyecciones de áreas geográficas de un país.

Esquema del programa de proyecciones subnacionales

(Se utiliza a modo de ejemplo
el caso urbano rural)

Etapa 1

Objetivo: Elaboración de la proyección nacional,
subnacional y derivación de los resultados del área
complementaria

A Proyección nacional

Grupos de edades	Fechas de la proyección nacional
	0 5 10 ... t ... n
0-4	Población por grupos de edades del total del país
5-9	
...	
80 y más	

B Proyección subnacional

Grupos de edades	Fechas proyección subnacional
	t t+5 t+10 ... t+30
0-4	Población por grupos de edades del área urbana
5-9	
...	
80 y más	

C

Estimación de la población rural como residuo

Grupos de edades	Fechas proyección residual
	t t+5 t+10 ... t+30
0-4	Población subnacional (rural) por grupos de edades. Obtenida como diferencia de la nacional y la urbana. $D = A - B$
5-9	
...	
80 y más	

D

Mujeres en edad fértil de la población rural

Grupos de edades	Fechas de las estimaciones
	t/t+5 t+5/t+10 ...
15-19	Población femenina en edad fértil, por grupos de edad. Estimaciones a mitad de cada período quinquenal
20-24	
...	
45-49	

Etapa 2

Objetivo: Derivación de la migración neta (interna e internacional), de la región complementaria, por sexo y edad

E Migración internacional

Grupos de edades	Fechas de las estimaciones
	0 5 10 ... t ... n
0-4	Migración internacional neta por grupos de edad. Deben ser establecidas como insumo para la proyección nacional. Pueden ser cifras absolutas, relativas o estructuras de migrantes
5-9	
.	
.	
.	
80 y más	

F Migración neta de la zona (urbana)

Grupos de edades	Fechas de las estimaciones
	t+5 t+10 t+15 ...
0-4	Migración neta (interna e internacional) por grupos de edades Nota: Las estimaciones deben elaborarse para efectuar la proyección subnacional
5-9	
.	
.	
.	
80 y más	

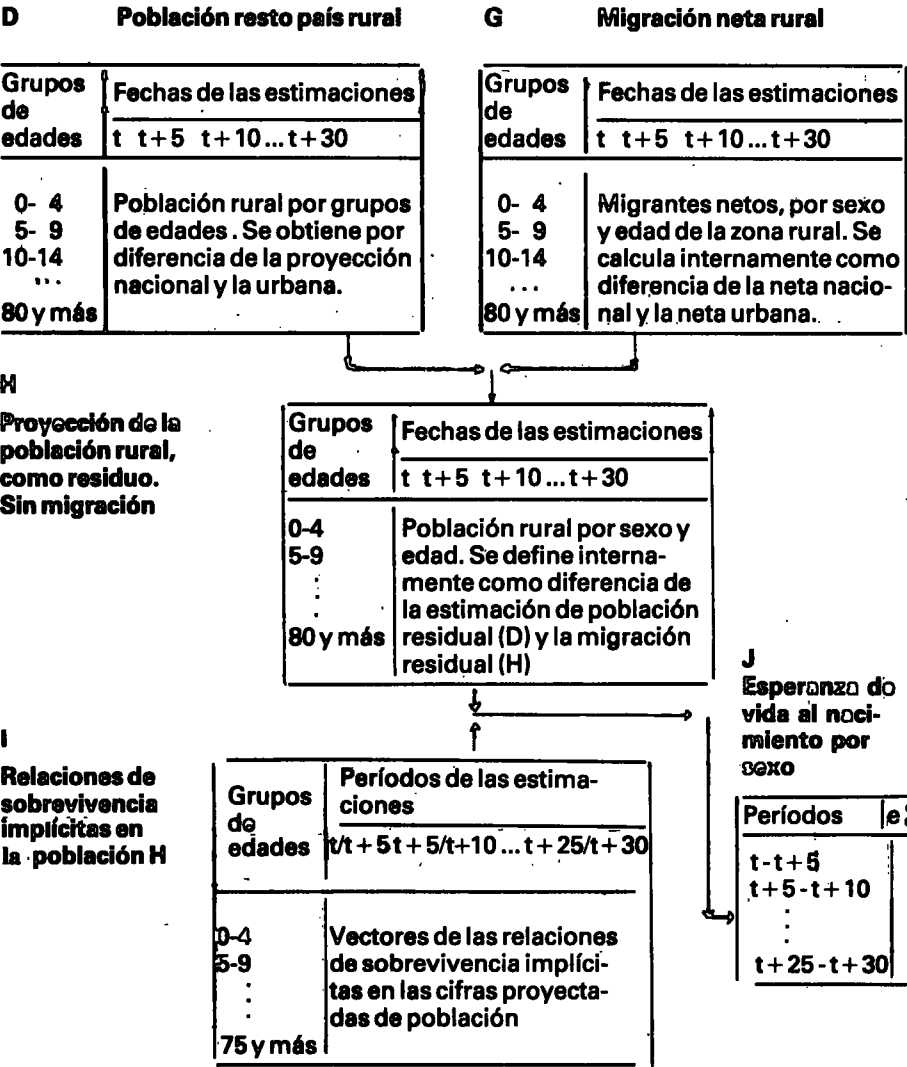
G

Migrantes netos estimados para el área rural

Grupos de edades	Fechas de las estimaciones
	t+5 t+10 t+15 ...
0-4	Migración neta del área rural por grupos de edades. La calcula el programa como diferencia entre la migración neta internacional y la neta subnacional entregada en G
5-9	
.	
.	
.	
80 y +	

Etapas 3

Objetivo: Derivación de las relaciones de sobrevivencia implícitas, de la región complementaria



Etapa 4

Objetivo : Derivación de los nacimientos por edad de la madre en la zona rural

L Nacimientos por edad de la madre en la proyección nacional

Grupos de edades	Períodos de las estimaciones $t/t+5 \ t+5/t+10 \dots t+25/t+30$
15-19 20-24 : 45-49	Nacimientos del total del país por grupos de edad de las mujeres en edad fértil

M

Nacimientos por edad de la madre en la proyección urbana

Grupos de edades	Períodos de las estimaciones $t/t+5 \ t+5/t+10 \dots t+25/t+30$
15-19 20-24 : 45-49	Nacimientos por grupos de edad de las mujeres en edad fértil en la zona urbana -

N

Nacimientos rurales por edad de las mujeres

Grupos de edades	Períodos de las estimaciones $t/t+5 \ t+5/t+10 \dots t+25/t+30$
15-19 20-24 : 45-49	Nacimientos de la zona rural por grupos de edad de las mujeres en edad fértil.

O

Tasas de fecundidad rurales

Grupos de edades	Períodos de las estimaciones $t/t+5 \ t+5/t+10 \dots t+25/t+30$
15-19 20-24 : 45-49	Vectores de la tasas de fecundidad por grupos de edad de la población del resto del país (zona rural)

D

Mujeres en edad fértil de la proyección residual

Grupos de edades	Períodos de las estimaciones $t/t+5 \ t+5/t+10 \dots t+25/t+30$
15-19 20-24 : 45-49	Población femenina por grupos de edad 15-49. Obtenidas de la información residual derivada en D

Etapas 5

Objetivo: Construcción del archivo para proyectar la población rural

A partir de los diversos elementos generados, en las cuatro etapas anteriores, el sistema construye automáticamente un archivo con los insumos necesarios para efectuar la proyección de la población rural por el método de los componentes.

Para ello el sistema utiliza los insumos que ha generado y que en esencia son:

- La población base en el archivo C;
- La migración neta definida en G;
- La mortalidad establecida en I;
- La fecundidad construida en el punto O.

Por otra parte, el programa incorpora como líneas de comentario de esta proyección el texto usado en la proyección del área menor, en este caso en el área urbana.

Anexo 1

Lista de participantes

Nombre de los participantes	País de origen	Institución y país	Dirección permanente
ALVAREZ MARIN Jaime	Colombia	Departamento Administrativo Nacional de Estadística-DANE Colombia	Calle 18A No. 8-57 Manizales, Colombia
ANGARITA DE RUIZ Esperanza	Colombia	Departamento Administrativo Nacional de Estadística-DANE Colombia	Av. Eldorado CAN Bogotá, Colombia
ANGEL ESCOBAR Dario	Colombia	Universidad Nacional Colombia	Palacio Municipal Alpujarra Of. 809 Medellín, Colombia
ATEHORTUA PUERTA William	Colombia	Servicio Seccional de Salud N. de Santander Colombia	Av. 5a. No. 9-45 Piso 2o. Cúcuta, Colombia
BRIZUELA DE RAMIREZ Fulvia R.	Paraguay	Dirección General de Estadística y Censos Paraguay	Humaita 463, Asunción Paraguay
CARDONA CALDERON Hugo	Colombia	CORPES, Centro Oriente, Colombia	Av. 4a. No. 10-46 Oficina 303. Cúcuta, Colombia
CASTILLO Leonel	Colombia	Ministerio de Salud Colombia	Transv. 93 No. 30-A-02 Bogotá, Colombia
CEBALLOS Zenón	República Dominicana	Oficina Nacional de Planificación-ONOPLAN República Dominicana	Av. México Esq. Leopoldo Navarro República Dominicana
CHACKIEL Juan	Uruguay	CELADE-Santiago Chile	Casilla 91, Santiago, Santiago, Chile
CONTRERAS Constanza Helena	Colombia	Departamento Administrativo Nacional de Estadística-DANE Colombia	Av. Eldorado CAN Bogotá, Colombia
DAMONTE Ana María	Uruguay	Dirección General de Estadística y Censos Uruguay	Cuareim 2052 Montevideo, Uruguay
DOMENACH Herve	Martinica	ORSTOM, Martinica	Trois Ilets 97229 Martinica
DUCHESNE Louis	Canadá	Bureau de la Statistique du Quebec Cadaná	117 Rue St-André, Quebec, Canadá
ELIZALDE Diva	Argentina	INDEC-Argentina	Juana de Arco 3913 Ciudadela B1.As Buenos Aires, Argentina

Nombre de los participantes	País de origen	Institución y país	Dirección permanente
FLOREZ NIETO Carmen Elisa	Colombia	Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico-CEDE-Universidad de los Andes Colombia	Carrera 1E No. 18-A-10 Bogotá, Colombia
GARCIA LARA Agustín	Panamá	Ministerio de Planificación y Política Económica, Panamá	Apartado 793, Panamá 1 Panamá
GARCIA VALENCIA Francisco Javier	Colombia	Universidad del Cauca Colombia	Apartado Aéreo 610 Popayán-Cauca, Colombia
GIRALDELLI Bernadette Waldvogel GRANADOS THORSCHMIDT María del Pilar	Brasil	Fundación SEADE Brasil	Av. Casper Libero 464, CEP-01033 Sao Paulo, Brasil
	Colombia	Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico-CEDE-Universidad de los Andes Colombia	Carrera 1E No. 18-A-10 Bogotá, Colombia
HAKKERT Ralph	Holanda	CEDEPLAR/UFGM Brasil	Rua Curitiba 832/90. andar 30.170, Belo Horizonte MG, Brasil
JASPERS-FAJER Dick	Holanda	CELADE-Santiago Chile	Casilla 91, Santiago, Chile
KANASHIRO LAMASATO Luisa	Perú	Instituto Nacional de Estadística, Perú	Avda. 28 de Julio 1056 Lima, Perú
MARTINEZ GOMEZ Ciro	Colombia	Departamento Administrativo Nacional de Estadística-DANE Colombia	Carrera 36 No 29-13 Apto. 301. Bogotá Colombia
MENDEZ HEILMAN Regina	Colombia	Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico-CEDE-Universidad de los Andes Colombia	Carrera 1E No. 18-A-10 Bogotá, Colombia
MESA RODRIGUEZ Germán	Colombia	COLCIENCIAS Colombia	Transv. 9a. A No. 133-28 Bogotá, Colombia
MEZZA ROSSO Víctor	Bolivia	Ministerio de Trabajo Bolivia	Yanacocha Esquina Mercado, La Paz, Bolivia
MITAT VALDES Jorge Alberto	Cuba	Centro de Estudios Demográficos-CEDEM Cuba	Av. 41 No. 2003 Playa Ciudad de la Habana Cuba
OLIVARES AGUAYO Carlos	Chile	CELADE-Santiago Chile	Casilla 91, Santiago, Chile
ORDOÑEZ GOMEZ Myriam	Colombia	Universidad Javeriana -FEI- Colombia	Carrera 7a. No. 40-62 Bogotá, Colombia
ORDOÑEZ PINZON Hermelinda	Colombia	Universidad Nacional Colombia	Apartado Aéreo 1502 Manizales, Colombia

Nombre de los participantes	País de origen	Institución y país	Dirección permanente
PEDROSO ZULUETA Teresa Dorotea	Cuba	Instituto de Investigaciones Estadísticas Cuba	Calle 40 A No. 301 el c/3ra. y 3ra. A Miramar Cuba
PEREZ PULGAR Juan Carlos	Chile	Instituto Nacional de Estadística, Chile	Avda. Bulnes 418, Piso 5o. Santiago, Chile
PINEDA CHICA José Luis	Colombia	Departamento Administrativo de Planeación Colombia	Gobernación de Antioquia, Centro Administrativo Departamental, piso 11 Medellín Colombia
PINTO ROJAS Ernesto	Colombia	Centro de Estudios de Población y Paternidad Responsable—CEPAR Ecuador	Mariana de Jesús No. 769 y Martín de Utreras Quito, Ecuador
PORRAS ROSA William Alfredo	Colombia	CORPES, Costa Atlántica, Colombia	Banco Central Hipotecario, Piso 7o. Santa Marta Colombia
POSSO ZUMARRAGA Marco	Ecuador	Consejo Nacional de Desarrollo, Ecuador	Arenas y 10 de Agosto Edif. Consejo Provincial Quito, Ecuador
PUJOL José Miguel	Chile	CELADE—Santiago Chile	Casilla 91, Santiago, Chile
RINCON M. Manuel J.	Colombia	CELADE—San José Costa Rica	Apartado 5249 San José, Costa Rica
RUEDA José Olinto	Colombia	Departamento Nacional de Planeación Colombia	Calle 26 No. 13-19 Piso 10 Bogotá, Colombia
RUIZ Magda	Colombia	Instituto Nacional de Salud, Colombia	Carrera 36 No. 29-13 Apto. 301. Bogotá, Colombia
SAMPER José Gabriel	Colombia	Departamento Nacional de Planeación Colombia	Calle 26 No. 13-19 Piso 10 Bogotá, Colombia
SARDI Edgar	Colombia	DNP/OEA Colombia	Calle 26 No.13-19 Piso 2o. Bogotá, Colombia
SIMONS Harmen	Holanda	CELADE—Santiago Chile	Casilla 91, Santiago, Chile
SOSA Raúl Augusto	Ecuador	Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC—Ecuador	Calle 10 de Agosto 229, Quito, Ecuador
URREA GIRALDO Fernando	Colombia	Facultad de Ciencias Sociales y Económicas, Universidad del Valle Colombia	A.A. 25360 Cali, Colombia
VILCHES S. José Guillermo	Costa Rica	Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica MIDEPLAN—Costa Rica	Apdo. Postal 10127—1000 San José, Costa Rica
YEPES A. Diego	Colombia	Departamento Administrativo Nacional de Estadística—DANE Colombia	Calle 64 No. 92-56 Bogotá, Colombia

Nombre de los participantes	País de origen	Institución y país	Dirección permanente
ZULUAGA GIL Francisco	Colombia	Departamento Administrativo Nacional de Estadística-DANE Colombia	Calle 51 No. 57-70 Edificio SENA Medellín, Colombia

Anexo 2

Agenda definitiva

Consideraciones generales:

Las sesiones de la mañana comenzarán a las 9 horas y terminarán a las 12:30 horas con un intermedio para el refrigerio. Las sesiones de la tarde serán desde las 14:30 horas hasta las 17:30 horas, igualmente con un intermedio para tomar un refrigerio.

Cada sesión será presidida por un moderador con quien colaborará un relator. En cada sesión se presentarán en primer lugar los documentos y posteriormente se abrirá el debate para el resto de los participantes.

Cada autor de documento dispondrá de 20 minutos para su exposición lo cual será estrictamente regulado por el moderador de cada sesión. Las intervenciones del resto de los participantes no podrán exceder de cinco minutos.

Lunes 31 de octubre

Inauguración del Seminario

Sesión 1: Proyecciones de Población de Divisiones Administrativas Mayores: (Procedimiento de componentes y otros)

Documento: Las proyecciones de población y la estructura económica y social

Expositor: Carmen Elisa Flórez, Universidad de los Andes, Colombia.

Documento: La importancia de las proyecciones subnacionales de población en la planificación del desarrollo

Expositor: José Olinto Rueda, Departamento Nacional de Planeación, Colombia

Moderador: Germán Mesa

Relator: Diego Yepes

Documento: Proyecciones de población a nivel nacional. Método de los componentes

Expositor: José M. Pujol, CELADE.

Documento: Sistema para elaborar proyecciones subnacionales por sexo y grupos de edades, por el método de los componentes

Expositor: Manuel Rincón, CELADE

Documento: O modelo multi-regional simplificado e outras técnicas de projeção regional, ilustradas com da dos brasileiros

Expositor: Ralph Hakkert, CEDEPLAR, Sao Paulo-Brasil

Moderador: Fernando Urrea

Relator: Juan Chackiel

Sesión 2: Presentación de la Base de Datos Censales REDATAM (Recuperación de datos de Areas Menores)

Documento: REDATAM: Una herramienta para obtener información desagregada geográficamente para la planificación

Expositores: Edgar Sardi, Departamento Nacional de Planificación, Colombia y Dirk Kaspers, CELADE, Chile

Moderador: Myriam Ordóñez

Relator: Leonel Castillo

Martes 10. de noviembre

Sección 3: Proyecciones de Población de Divisiones Administrativas Intermedias (Relación de Cohortes, Diferencial de Crecimiento y otras)

Documento: El método de relaciones de cohortes

- Expositor:** Louis Duchesne, Bureau de la Statistique du Québec, Canadá
- Documento:** Sistema para elaborar proyecciones subnacionales de áreas intermedias y pequeñas por sexo y grupos de edades
- Expositor:** Agustín García, Panamá y Manuel Rincón, Costa Rica
- Documento:** Parámetros demográficos proporcionais: Una alternativa para aplicar o "Método dos componentes" para projetar o população de áreas pequenas
- Expositor:** Bernardette Giraldelli, SEADE, Brasil
- Moderador:** José Gabriel Samper
- Relator:** Ciro Martínez
- Sesión 4:** Proyecciones de Población de Divisiones Administrativas Menores (Procedimientos Estadístico-Matemáticos)
- Documento:** Técnicas de proyecciones de población de áreas menores. Aplicación y evaluación
- Expositor:** María del Pilar Granados, Universidad de los Andes, Colombia
- Documento:** Estimaciones y proyecciones de la población por departamentos, sexo y edad, según áreas de residencia urbano-rural. Bolivia 1970-2000
- Expositor:** Víctor Mezza, Ministerio de Trabajo y Desarrollo Laboral, Bolivia
- Documento:** Argentina: Proyecciones provinciales, por sexo y edad período 1970-1990
- Expositor:** Diva Elizalde
- Moderador:** José Olinto Rueda
- Relator:** Dirk Jaspers-Faijjer

Miércoles 2 de noviembre

- Sección 5:** Presentación y demostración de un nuevo paquete de

Procedimientos Alternativos para Proyecciones de Areas

Documento: PRODEM: Proyecciones Demográficas

Expositores: Juan Carlos Pérez, Instituto Nacional de Estadística, Carlos Olivares y Harry Simons, CELADE, Chile

Sesión 6: Presentación de otros programas de proyecciones

Documento: GRADUATE: A Demographic curve fitting program

Expositor: Ralph Hakkert, CEDEPLAR, Sao Paulo-Brasil

Moderador: Darío Angel

Relator: Edgar Sardi

Clausura del seminario

de las personas que se encuentran en el territorio.

La información que se genera en el territorio

se utiliza para la toma de decisiones en el territorio.

La información que se genera en el territorio

se utiliza para la toma de decisiones en el territorio.

La información que se genera en el territorio

Impreso en la División de Edición del⁶³
Departamento Administrativo Nacional de
Estadística, DANE
Bogotá. D.E. - Colombia - noviembre de 1989