



DOI: 10.18004/pdfce/2076-054x/2018.024(47)035-046

El cálculo de las edades simples en las proyecciones de población

The calculation of simple ages in population projections

Ricardo F. Neupert¹

¹ Investigador Independiente. Santiago, Chile.

Recibido: 14/07/2018; Aceptado: 17/10/2018

RESUMEN

Este estudio describe un método de interpolación para desagregar en edades simples poblaciones estimadas o proyectadas por grupos quinquenales de edad. El método - *rugosidad mínima* - soslaya el problema de las *variaciones espúreas*, que es un problema bastante frecuente en las interpolaciones que utilizan multiplicadores. Estas son fluctuaciones que aparecen en la distribución por edades simples resultantes de las operaciones matemáticas comprendidas en el método de interpolación y no de la dinámica demográfica. Independientemente de su capacidad de evitar este problema, el método es conveniente en sí mismo y representa una alternativa ventajosa al uso de multiplicadores en la desagregación de grupos de edad en edades simples.

Palabras clave: Interpolación, proyecciones, estimaciones, multiplicadores

ABSTRACT

This study describes a method of interpolation to disaggregate into single ages populations estimated or projected by five-year age groups. The method - *minimum roughness* - obviates the problem of *spurious variations*, which is a rather frequent problem in interpolations using multipliers. These are fluctuations that appear in the distribution by simple ages resulting from mathematical operations included in the method of interpolation and not from the demographic dynamics. Irrespective of its ability to avoid this problem, the method is convenient by its own merit, and represents an advantageous alternative to the use of multipliers in the disaggregation of age groups by single ages.

Key words: Interpolation, projections, estimates, multipliers

Autor Correspondiente: Ricardo Neupert. Ph.D., Sociology (Major: Demography), Brown University, USA. Consultor independiente (América Latina, África y Sudeste Asiático). Santiago, Chile. Email: rneupert@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El *método de de los componentes* es una de las técnicas de estimación y proyección más perfeccionada, conveniente y completa y es, por lo tanto, la metodología utilizada por la mayoría de los países para preparar sus proyecciones de población. Permite trabajar de manera independiente cada una de las variables de la dinámica poblacional, o componentes (mortalidad, fecundidad y migraciones). Toma el sexo y la edad como las variables pivotes en el momento de trabajar cada una de ellas. Se basa en el principio de

avanzar a través del tiempo, en incrementos de 5 años, a cohortes también de 5 años, comenzando desde una población base, generalmente el censo de población más reciente. Así, en su forma más básica este método entrega la población por sexo y grupos de edad de amplitud 5 años para cada quinquenio del periodo de la proyección (Naciones Unidas, 1956; Centro Latinoamericano de Demografía, 1984; Stanley, Tayman & Swanson, 2001).

Aunque en este método se puede proceder por poblaciones y componentes por edades simples y por años calendarios seguidos, tradicionalmente se ha preferido operar con grupos de edad de 5 años y por quinquenios. Al proceder de esta forma se evitan los problemas de las distribuciones por edades simples, en particular, con respecto a la población inicial de la proyección (por ejemplo, las preferencias de dígitos). También se evita la complejidad de tener que disponer de tasas de mortalidad, fecundidad y migraciones por edades simples y años calendario continuos. A fin de obtener las proyecciones por edades simples y años calendario seguidos se utilizan diversas técnicas de interpolación. A algunos programas de proyecciones se les ha incorporado sub-rutinas de interpolación con lo cual no es necesario realizar dichos cálculos de forma independiente. Algunos incluso interpolan los eventos vitales (nacimientos, defunciones y migraciones) por año y por edades simples (por ejemplo, DEMPROJ y RUPEX).

La interpolación es una forma de identificar valores intermedios entre dos valores dados. Hoy dos tipos de interpolación: puntual y grupal. En la primera se completan puntos intermedios entre una serie de puntos datos. Por ejemplo, dada la población de edades 1, 5 y 10 años, se puede requerir interpolar las poblaciones de 2, 3, 4 años y las de 6, 7, 8 y 9 años. Por otro lado, la interpolación grupal consiste en desagregar valores agrupados en valores individuales. Por ejemplo, dada la población de 0 a 4 años, puede necesitarse la población por edades simples (0,1, 2, 3, 4 años).

Existen diversos métodos de interpolación grupal. Los más utilizados en la desagregación por edades simples son los polinomiales y en particular, los osculatorios. Estos consisten en combinar dos ecuaciones polinomiales que se superponen en una única ecuación. En este tipo de interpolación pueden utilizarse diversas formulas que se expresan en términos de coeficientes o multiplicadores que se aplican a los datos a ser desagregados. Los multiplicadores más conocidos son los de Sprague y Beers (Shryock, Siegel & Associates.1976).

El objetivo de este estudio es aplicar y comparar los resultados de un método alternativo al de los multiplicadores para desagregar la población por grupos de edad en edades simples sin que se presente un problema bastante frecuente en las interpolaciones: las variaciones espurias. Estas son fluctuaciones que aparecen en la distribución por edades simples resultantes de las operaciones matemáticas comprendidas en el método de interpolación y no de la dinámica demográfica.

Es necesario aclarar que acá no se intenta explicar los aspectos matemáticos que implican que métodos de interpolación de uso frecuente resulten en estas variaciones accidentales. Tampoco se describen los aspectos matemáticos del método propuesto. Esto implicaría explicaciones algo complejas que van más allá de los propósitos de este trabajo. Acá el objetivo es más bien práctico. Se trata de presentar únicamente el procedimiento para desagregar una población por grupos de edad en edades simples sin que se presentes cambios bruscos en esta última distribución.

MATERIALES Y MÉTODOS

EL METODO DE LA RUGOSIDAD MINIMA

Este método fue desarrollado por G. Feeney (2014) y se basa en la idea de *rugosidad mínima* (minimum roughness). Este concepto se entiende mejor con un ejemplo.

El método de la *rugosidad mínima* comienza con la idea que los puntos interpolados entre los límites de los grupos de edad deben formar una curva tan lisa como sea posible. A fin de obtener esta suavidad en la curva se debe definir una medida de *rugosidad* para luego minimizar estas asperezas en los valores interpolados que presentan problemas. Para esto no se necesitan conocimientos o habilidades matemáticas especiales sino solo un poco de experiencia en el uso de planillas de cálculo como Excel y el complemento (Add-In) Solver.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan casos de variaciones espurias que surgieron al desagregar poblaciones proyectada según grupos de edad en una población por edades simples. Se considera la población de Chile proyectada para el año 2020 en base al censo de 2002 realizada unos años después del levantamiento de dicho censo. Este caso va a ser utilizados para describir y analizar el método de la *rugosidad mínima*.

EJEMPLO 1: PROYECCION DE LA POBLACION NACIONAL DE CHILE, AÑO 2020.

Siguiendo la estrategia estándar de CELADE, la proyección consistió en una estimación de la población y en una proyección propiamente tal. Para la estimación se consideran todos los censos levantados con anterioridad al Censo 2002, comenzando con el Censo 1950, y las estadísticas vitales disponibles para este periodo. Con esta información se estimó la población entre los años 1950 y 2005 (*periodo observado*). A partir del año 2005 y hasta el 2050, el ejercicio consistió en una proyección propiamente dicha (para una descripción detallada de estas proyecciones véase Instituto Nacional de Estadísticas, INE & Comisión Económica para América Latina, CEPAL, 2004).

Para estas proyecciones se utilizó el método de los componentes. Los resultados directos fueron las poblaciones por sexo y grupos de edad (quinquenales) para cada quinquenio entre 1950 y 2050. La distribución de la población por edades simples fue obtenida primero para la población mayor de 5 años y luego para la menor de 5 años. Para la primera se utilizaron los multiplicadores de Sprague. Esta es una forma de interpolación polinomial osculatoria que desagrega la población por grupos de edad en una población por edades simples utilizando formulas que se expresan en términos de ecuaciones lineales compuestas, o sea, en términos de multiplicadores que se aplican a los datos a ser desagregados. Para desagregar el grupo de 0 a 4 años se rejuveneció el grupo de 5 a 9 años del quinquenio anterior ya desagregado en edades simples por el método de Sprague. El rejuvenecimiento se realizó utilizando la probabilidad de sobrevivencia por edades individuales obtenida a partir de una tabla de vida modelo (véase Instituto Nacional de Estadísticas, INE & Comisión Económica para América Latina, CEPAL, 2004, pág. 34).

Para los efectos de este estudio, y para ejemplificar el método de la *rugosidad mínima*, se consideró primeramente la población proyectada al año 2020. La tabla 1 muestra dicha población por grupos de edad y por edades simples. La desagregación se realizó por los métodos antes descritos.

Tabla 1. Población proyectada por grupos de edad y edades simples, Chile, 2020.

Grupos de edad	Población 2020	Edades simples	Población 2020	Grupos de edad	Población 2020	Edades simples	Población 2020
0- 4	1,245,395	0	206,320			41	231,272
5-9	1,258,585	1	238,519			42	226,731
10-14	1,247,578	2	258,930			43	227,972
15-19	1,236,847	3	269,490			44	232,900
20-24	1,326,425	4	272,136			45	237,578
25-29	1,483,179	5	251,788			46	242,962
30-34	1,455,216	6	251,966			47	246,409
35-39	1,312,293	7	251,911			48	246,258
40-44	1,158,477	8	251,662			49	243,853
45-49	1,217,060	9	251,258			50	241,864
50-54	1,201,177	10	250,860			51	239,363
55-59	1,199,134	11	250,629			52	238,242
60-64	1,005,170	12	249,997			53	239,586
65-69	754,047	13	248,763			54	242,122
70-74	572,158	14	247,329			55	243,714
75-79	419,566	15	246,246			56	245,048
80+	456,788	16	245,339			57	243,541
		17	245,715			58	237,776
Total	18,549,095	18	247,958			59	229,055
		19	251,589			60	220,307
		20	255,142			61	211,189
		21	258,424			62	201,438
		22	263,348			63	191,296
		23	270,558			64	180,940
		24	278,953			65	170,237
		25	286,894			66	159,139
		26	294,842			67	149,192
		27	300,172			68	141,127
		28	301,451			69	134,352
		29	299,820			70	127,470
		30	298,019			71	120,685
		31	295,698			72	114,197
		32	292,183			73	107,944
		33	287,472			74	101,862
		34	281,844			75	95,886
		35	275,931			76	89,953
		36	270,032			77	83,998
		37	263,309			78	77,958
		38	255,544			79	71,771
		39	247,477			80+	456,788
		40	239,602			Total	18,549,095

Fuente: Elaboración propia en base a cálculos realizados para esta investigación.

La inflexión es espuria, resultante del procedimiento de interpolación y no de una tendencia demográfica substantiva causada, por ejemplo, por fluctuaciones en la fecundidad. En las edades quinquenales no aparece ninguna fluctuación que sugiera aquella que surgió cuando se desagregó por edades individuales. El origen de esta irregularidad es difícil de identificar, pero obedece, seguramente, al uso de los multiplicadores de Sprague. También puede deberse al uso de probabilidades de sobrevivencia para rejuvenecer a la población de 5-9 en el año 2025.

Para aplicar el método de la *rugosidad mínima* utilizando Solver. Esta tabla DEBE contener la siguiente información:

- A) **Grupos de edad dados**, usualmente grupos quinquenales, con un último grupo abierto (en este caso 80 y más).
- B) **Población**, que corresponde a los grupos de edad dados.
- C) **Edades simples**.
- D) **Multiplicadores provisorios**, que son los multiplicadores más simples que se pueden definir para desagregar los grupos quinquenales de edad en edades individuales. Estos multiplicadores dividen en 5 grupos de igual tamaño la población de cada grupo quinquenal de edad. Equivalen a dividir la población de cada grupo quinquenal por 5.
- E) **Población por edades simples**. Cada grupo quinquenal de edad debe multiplicarse por 0.2, lo que equivale a dividirlo por 5. El resultado es la población por edades simples. Sin embargo, este método está bastante lejos de entregar una interpolación satisfactoria. Como se puede apreciar, la población de las edades simples de cada grupo quinquenal es la misma. Lo que se requiere es un conjunto de cinco multiplicadores para cada grupo de edad de 5 años que, en su conjunto, conformen una curva lisa y no un conjunto de rectas.
- F) **Promedios móviles**. Una vez obtenida la distribución por edades individuales como resultado de aplicarle a la distribución por grupos quinquenales de edades el multiplicador provisorio (0.2), realice las siguientes dos operaciones: (i) para cada valor, excepto el primero y el último, calcule un promedio restando del número en cuestión la suma del valor anterior y posterior dividida por 2; (ii) divida el resultado anterior por 1000 y eleve al cuadrado. Los resultados de estas operaciones son un conjunto de *promedios móviles*.
- G) **Calculo de la rugosidad**. A continuación sume los promedios móviles. El resultado puede ser considerado como una medida de *rugosidad*.
- H) **Condiciones**. Esta última columna contiene la población por grupos quinquenales de edad. Es igual a la columna B, pero debe ser calculada como la suma de las poblaciones por edades simples que componen cada quinquenio (columna E). Como se explica más adelante, estos valores se usan para asegurar la consistencia entre la población dada y la población interpolada para cada grupo de edad quinquenal.

Una vez creado este cuadro, inicie las operaciones para obtener la distribución suavizada de la población por edades simples. Para esto se utiliza el complemento Excel Solver.

El resultado de la anterior operación es que los multiplicadores provisionales van a cambiar de tal modo de dar la *mínima rugosidad* (o máxima suavidad) a la distribución de la población por edades simples, manteniendo la restricción que la suma de la población por edades simples de cada grupo quinquenal sea igual a la población de dicho grupo quinquenal. La columna de población por edades simples se modifica, experimentando un *alisamiento* sin que haya variaciones espurias. En otras palabras, lo que el método hace es repetir la estructura por edades agrupadas en la distribución por edades simples.

La tabla 2 muestra los resultados de la aplicación de este método. Para efectos comparativos, a este cuadro se le agrego una columna con las edades simples obtenidas por los multiplicadores de Sprague (columna D). Es importante examinar como cambiaron los multiplicadores. En la columna E, aparecen los multiplicadores modificados de tal manera para que le entreguen a la distribución la rugosidad o aspereza mínima. En la columna F aparece la población interpolada obtenida con estos multiplicadores.

Tabla 2. Resultado de la interpolación por rugosidad mínima, población proyectada, Chile, 2020

(A) Grupos de edad	(B) Población 2020	(C) Edades simples	(D) Población 2020 (Sprague)	(E) Multiplicadores	(F) Población interpolada (Rug. Mín.)	(G) Promedios moviles	(H) Condiciones
0- 4	1,245,395	0	206,320	0.19874	247,513		1,245,395
5-9	1,258,585	1	238,519	0.19939	248,313	0.000	1,258,585
10-14	1,247,578	2	258,930	0.20002	249,103	0.000	1,247,578
15-19	1,236,847	3	269,490	0.20064	249,871	0.001	1,236,847
20-24	1,326,425	4	272,136	0.20122	250,594	0.002	1,326,425
25-29	1,483,179	5	251,788	0.19961	251,226	0.006	1,483,179
30-34	1,455,216	6	251,966	0.19998	251,697	0.011	1,455,216
35-39	1,312,293	7	251,911	0.20019	251,955	0.015	1,312,293
40-44	1,158,477	8	251,662	0.20020	251,972	0.016	1,158,477
45-49	1,217,060	9	251,258	0.20001	251,736	0.016	1,217,060
50-54	1,201,177	10	250,860	0.20139	251,247	0.014	1,201,177
55-59	1,199,134	11	250,629	0.20080	250,520	0.009	1,199,134
60-64	1,005,170	12	249,997	0.20007	249,605	0.002	1,005,170
65-69	754,047	13	248,763	0.19926	248,596	0.000	754,047
70-74	572,158	14	247,329	0.19847	247,610	0.008	572,158
75-79	419,566	15	246,246	0.19954	246,802	0.036	419,566
80+	456,788	16	245,339	0.19920	246,375	0.089	456,788
		17	245,715	0.19933	246,544	0.170	
Total	18,549,095	18	247,958	0.20014	247,539	0.277	18,549,095
		19	251,589	0.20179	249,587	0.412	
		20	255,142	0.19068	252,919	0.585	
		21	258,424	0.19434	257,780	0.565	
		22	263,348	0.19914	264,145	0.357	
		23	270,558	0.20484	271,704	0.095	
		24	278,953	0.21100	279,877	0.013	
		25	286,894	0.19406	287,824	0.448	
		26	294,842	0.19851	294,433	1.065	
		27	300,172	0.20158	298,977	1.462	
		28	301,451	0.20301	301,103	1.424	
		29	299,820	0.20284	300,842	0.952	
		30	298,019	0.20521	298,629	0.312	
		31	295,698	0.20293	295,300	0.080	
		32	292,183	0.20025	291,405	0.023	
		33	287,472	0.19736	287,205	0.027	
		34	281,844	0.19425	282,677	0.098	
		35	275,931	0.21148	277,522	0.363	
		36	270,032	0.20663	271,161	0.457	
		37	263,309	0.20075	263,448	0.290	
		38	255,544	0.19406	254,658	0.033	
		39	247,477	0.18708	245,505	0.157	
		40	239,602	0.20470	237,143	1.415	
		41	231,272	0.19954	231,161	2.642	
		42	226,731	0.19718	228,429	2.905	
		43	227,972	0.19776	229,106	2.040	
		44	232,900	0.20081	232,639	0.630	
		45	237,578	0.19536	237,760	0.040	
		46	242,962	0.19923	242,480	0.704	
		47	246,409	0.20173	245,522	1.264	

48	246,258	0.20239	246,315	1.129
49	243,853	0.20129	244,983	0.420
50	241,864	0.20176	242,355	0.017
51	239,363	0.19979	239,985	0.364
52	238,242	0.19882	238,821	0.591
53	239,586	0.19913	239,195	0.392
54	242,122	0.20049	240,821	0.034
55	243,714	0.20249	242,813	0.315
56	245,048	0.20322	243,683	1.142
57	243,541	0.20216	242,415	1.803
58	237,776	0.19886	238,461	1.886
59	229,055	0.19327	231,762	1.348
60	220,307	0.22159	222,740	0.508
61	211,189	0.21120	212,293	0.118
62	201,438	0.20012	201,159	0.002
63	191,296	0.18896	189,936	0.027
64	180,940	0.17812	179,043	0.081
65	170,237	0.22375	168,720	0.110
66	159,139	0.21094	159,060	0.126
67	149,192	0.19907	150,110	0.125
68	141,127	0.18814	141,868	0.110
69	134,352	0.17809	134,289	0.075
70	127,470	0.22242	127,258	0.039
71	120,685	0.21082	120,622	0.019
72	114,197	0.19970	114,260	0.007
73	107,944	0.18887	108,063	0.002
74	101,862	0.17819	101,954	0.001
75	95,886	0.22857	95,900	0.001
76	89,953	0.21425	89,891	0.000
77	83,998	0.19999	83,907	0.000
78	77,958	0.18573	77,926	0.000
79	71,771	0.17147	71,941	
80+	456,788			
Total	18,549,095			32.321

Fuente: elaboración propia en base a cálculos realizados para esta investigación.

Al utilizar este método la variación espuria desaparece y la curva se suaviza, proporcionando una distribución por edades simples más plausible (considerando los datos agrupados). El resto de la curva permanece igual.

Es importante notar que la distribución de la población por edades simples, según ambos métodos, tiene otras fluctuaciones. Entre los 20 y los 42 años se produce un incremento de la población que llega a su cúspide en los 28 años. Después de los 42 años se produce una fluctuación en zigzag entre dicha edad y los 60 años. Estas no se tratan de variaciones espurias ya que se encuentran en la distribución por edades quinquenales. Ambos métodos de interpolación simplemente las capturan.

La fluctuación más interesante es esta última, la que se presenta entre los 40 y 60 años. Esta oscilación es bastante débil y se podría sospechar que el método de la rugosidad mínima la suavizara. Sin embargo la mantuvo, siguiendo la tendencia establecida por la distribución por grupos de edades.

Puede suceder que el algoritmo numérico de minimización no converja, esto es, que *Solver* no entregue una solución. Una alternativa es cambiar, en la fórmula de los promedios móviles, la constante por la que se multiplica la diferencia por otro múltiplo de 10 (por ejemplo 100 o 10,000). Si esto no da resultado, se pueden usar otras fórmulas para calcular la *rigurosidad mínima*. Esta última alternativa es más complicada y va más allá de los propósitos de este artículo. Sin embargo, las operaciones aquí propuestas, en general, producen una interpolación sin variaciones espurias que frecuentemente aparecen con otros métodos de interpolación.

EJEMPLO 2: ESTIMACION LA POBLACIÓN NACIONAL DE CHILE, AÑO 2000, EDADES DE 0 A 9 AÑOS

Como segundo ejemplo se consideró la estimación de la población chilena para el año 2000 según el mismo ejercicio de estimaciones y proyecciones utilizado anteriormente. Esta vez, sin embargo, la atención se centró en dos grupos de edades: 0-4 y 5-9. Esta vez se trata de una estimación y no de una proyección.

Hasta los 4 años los datos forman una línea recta pero al pasar de los 4 a los 5 años se produce una inflexión según la cual la recta aumenta su inclinación. Esta inflexión es espuria ya que no se presenta en los datos por edades agrupadas. Supóngase que solo es necesario desagregar estos dos grupos de edad ya que en este caso no se requiere desagregar la distribución completa (por ejemplo, la desagregación se necesita para estimar vacunas o matriculas escolares).

La tabla 3 muestra las operaciones de interpolación por rugosidad mínima utilizando sólo tres grupos de edad (0-4, 5-9 y 10-14).

Tabla 3. Resultado de la interpolación por rugosidad mínima de tres grupos de edad (0-4, 5-9 y 10-14), población estimada, Chile, 2000

(A) Grupos de edad	(B) Población 2020	(C) Edades simples	(D) Población 2020 (Sprague)	(E) Multiplicadores	(F) Población interpolada (Rug. Mín.)	(G) Promedios móviles	(H) Condiciones
0-4	1,328,435	0	252,679	0.18559	246,540		1,328,435
5-9	1,487,986	1	258,410	0.19300	256,382	0.004	1,487,986
10-14	1,463,554	2	265,118	0.20031	266,095	0.037	1,463,554
		3	272,395	0.20733	275,426	0.147	
Total	4,279,975	4	279,833	0.21378	283,992	0.407	
		5	291,696	0.19575	291,280	0.917	
		6	296,174	0.19937	296,654	1.255	
		7	299,069	0.20147	299,787	1.269	
		8	300,493	0.20206	300,668	0.953	
		9	300,554	0.20134	299,596	0.448	
		10	299,419	0.20306	297,185	0.043	
		11	297,265	0.20113	294,361	0.027	
		12	293,886	0.19942	291,865	0.195	
		13	289,271	0.19832	290,251	0.393	
		14	283,713	0.19807	289,892	0.129	
						6.223	

Fuente: Elaboración propia en base a cálculos realizados para esta investigación.

Este ejemplo muestra que una interpolación grupal puede hacerse considerando solo una parte de la distribución completa de la población por grupos de edades. Se sigue el mismo procedimiento del caso de la distribución completa. Se puede desagregar un mínimo de tres grupos de edades. Sin embargo, es importante notar que los resultados en una interpolación grupal de solo una parte de la distribución entrega un resultado un poco diferente al que se obtiene con la distribución completa. Con todo, las diferencias son bastante pequeñas. En todo caso, es conveniente desagregar la distribución completa si es que se está utilizando este procedimiento dentro de un ejercicio integral de proyecciones de población.

Es importante recordar que en la estimación original la población de 0 a 4 años por edades simples fue obtenida aplicando a la población de 5 a 9 años en 2005 (por edades simples, desagregada por los multiplicadores de Sprague) probabilidades de sobrevivencia a fin de rejuvenecer dicha población a 0 a 4 años en el año 2000. La población 5 a 9 años por edades simples en el año 2000 fue desagregada de la manera usual (aplicación directa de los multiplicadores de Sprague).

La fluctuación en la curva es bastante pequeña y puede juzgarse innecesario prestarle atención. Sin embargo, en las edades consideradas, la precisión puede ser más importante que en otras edades teniendo en cuenta que se requieren para estimar necesidades y cobertura de inmunizaciones y de otras necesidades de salud, y también de educación, de la población infantil.

EJEMPLO 3: ESTIMACION LA POBLACIÓN DE LA REGIÓN METROPOLITANA, AÑO 1995

Las proyecciones analizadas anteriormente se realizaron también por regiones (INE, 2004). Hay algunos casos con inconsistencias realmente serias en la estructura por edades simples resultantes del método de interpolación utilizado. Acá se revisó el caso de la Región Metropolitana en el año 1995. Se seleccionó la estimación para ese año porque representa una situación de inconsistencias extremas en la estructura por edades simples.

La tabla 4 muestra los resultados de la interpolación cuando se utilizan los multiplicadores de Sprague y el método de la rugosidad máxima.

Tabla 4. Resultados de las interpolaciones por multiplicadores de Sprague y por rugosidad mínima, Región Metropolitana, Chile, población estimada, 1995

Grupos de edad	Población por grupos quinquenales, 1995	Edades simples	Población 1995 (Sprague)	Población interpolada (Rug. Mín.)
0-4	580855	0	114490	116508
5-9	566197	1	115056	116370
10-14	500988	2	115111	116217
15-19	433261	3	116116	116021
20-24	493496	4	120082	115739
25-29	520616	5	116796	115307
30-34	522177	6	115464	114642
35-39	449313	7	113693	113656
40-44	359751	8	111350	112253
45-49	298797	9	108894	110339
50-54	252203	10	106413	107808
55-59	193477	11	103090	104543
60-64	165682	12	99987	100603
65-69	133066	13	96924	96222
70-74	98089	14	94574	91813

75-79	68934	15	84848	87982
80+	65674	16	82638	85515
		17	84788	84850
		18	88375	86058
		19	92612	88857
		20	97151	92632
		21	99762	96434
		22	99099	99613
		23	99163	101819
		24	98321	102998
		25	104306	103404
		26	103573	103589
		27	103364	103902
		28	104082	104479
		29	105291	105243
		30	106183	105926
		31	106287	106070
		32	106063	105378
		33	103368	103713
		34	100276	101091
		35	97597	97687
		36	93470	93842
		37	89810	89831
		38	86036	85865
		39	82400	82088
		40	78341	78570
		41	74922	75310
		42	71325	72292
		43	68801	69486
		44	66362	66854
		45	63918	64360
		46	61593	61979
		47	59700	59692
		48	57588	57475
		49	55998	55302
		50	54274	53163
		51	52861	51058
		52	50922	48987
		53	48376	46950
		54	45770	44954
		55	42401	42998
		56	39910	41095
		57	38025	39323
		58	36747	37732
		59	36394	36325
		60	35595	35056
		61	34499	33853
		62	33267	32673
		63	31886	31461
		64	30435	30228
		65	29222	28939
		66	27894	27631
		67	26649	26301
		68	25309	24954

69	23992	23553
70	22486	22129
71	21076	20709
72	19504	19269
73	18167	17857
74	16856	16518
75	15759	15417
76	14682	14561
77	13578	13881
78	12752	13485
79	12163	13401
85+	2649	

Fuente: Elaboración propia en base a cálculos realizados para esta investigación.

Este ejemplo muestra una vez más la capacidad del método para obtener resultados más probables cuando se realizan interpolaciones en datos agrupados. Se evitan las irregularidades que a veces se producen utilizando métodos basados en multiplicadores

CONCLUSIONES

El método de la rugosidad mínima proporciona un mecanismo adecuado, efectivo y conveniente para calcular las edades simples en una estimación o proyección de la población. Este método soslaya los problemas del uso de multiplicadores, especialmente las *variaciones espureas* que son variaciones accidentales que no resultan de la dinámica demográfica sino de artefactos matemáticos. Independientemente de su capacidad de evitar variaciones espureas, el método es conveniente en sí mismo y representa una alternativa ventajosa al uso de multiplicadores.

Este método se basa en la teoría de la optimización la cual es conocida desde hace mucho tiempo. No ha sido utilizado ya que es, operacionalmente, bastante complejo. Por esta razón, los métodos basados en multiplicadores han sido ampliamente preferidos. Sin embargo, con la popularización de computadores personales y programas como Excel la utilización de este método proporciona resultados de manera rápida y simple.

Este método también se puede utilizar para suavizar datos censales distribuidos por edades simples. Debido principalmente a la preferencia de dígitos, los datos por edades simples de los censos presentan un zigzag que indica errores en la declaración de las edades individuales. Los datos se pueden distribuir en grupos de edades quinquenales y calcular las edades intermedias individuales con el método de la rugosidad mínima y obtener una distribución suavizada. Esta distribución sería más cercana a la realidad ya que tendería a distribuir las personas cuya edad se reportó erradamente a la edad correcta (ver también Feeney, 1979)

Es importante mencionar una última advertencia referida a cualquier método de interpolación. Esta se utiliza porque faltan datos o porque se supone que los datos disponibles contienen errores. Sin embargo, la exactitud de los valores interpolados tiene un componente de incertidumbre. En general, se considera que una interpolación corrige errores y proporciona datos cercanos a la realidad pero no se pueden descartar posibles imprecisiones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Centro Latinoamericano de Demografía (CELADE). 1984. Métodos para Proyecciones Demográficas. LC/DEM/CR/G.5, CELADE, San José.
- Feeney, G. 1979. "A technique for correcting age distributions for heaping on multiples of Five", Asian and Pacific Census Forum 5(3):12-14
- Feeney, G. 2014. The Demography-Statistics-Information Technology Letter (Fecha de recuperación del documento: 25 de Enero de 2015). Sitio web: <http://demographer.com/> (Sitio de Griffit Feeney)
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE) & Comisión Económica para América Latina, (CEPAL). 2004. Chile: Proyecciones y Estimaciones de Población. Total País, 1950-2050. Instituto Nacional de Estadísticas (Publicación en Convenio con la Comisión Económica para América Latina y El Caribe), Santiago.
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE). 2004. Chile: Estimaciones y Proyecciones de Población por Sexo y Edad. Regiones 1990-2020, Urbana-Rural, Instituto Nacional de Estadísticas, Santiago.
- Naciones Unidas.1956. Manual III: Métodos para preparar proyecciones de población por sexo y edad. ST/SOA/Serie A No 25, Naciones Unidas, Nueva York.
- Shryock, H., J. Siegel & Associates.1976.The Methods and Materials of Demography, Academic Press, Nueva York.
- Smith, S. K., J. Tayman & D. A. Swanson. 2001. State and Local Population Projections. Methodology and Analysis. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.