

NOTAS PARA EL SEMINARIO SOBRE PROCEDIMIENTOS DE ESTIMACIONES DEMOGRAFICAS CON TASAS DE CRECIMIENTOS POR EDAD. APLICACIONES REALIZADAS A INFORMACION DE AMERICA LATINA

Jorge L. Somoza

RESUMEN

Se presenta una descripción del trabajo de preparación hecho para el Seminario sobre Procedimientos de Estimaciones Demográficas con Tasas de Crecimiento por Edad, organizado por el CELADE y la UIECP. En ese trabajo preparatorio se estudió el comportamiento en situaciones controladas de tres relaciones, a las que se llama *Bennett-Horiuchi*, *Preston-Coale* y *Preston*. Son relaciones válidas para cualquier población cerrada y que tienen en común el hecho de requerir de tasas de crecimiento por edad.

La aplicación se realizó usando como información básica tres proyecciones de población para un período de 10 años, una suponiendo población cerrada, otra con inmigración y la última con emigración. Además, en la proyección cerrada se simulaban algunos errores frecuentes en los países latinoamericanos (omisión censal, omisión de defunciones, omisión de personas en algunos grupos de edad determinados).

Se presentan algunas modificaciones menores hechas para mejorar las estimaciones y las conclusiones más importantes que se derivan de la aplicación de las relaciones antes mencionadas. La relación llamada *Bennett-Horiuchi*, sirve para estimar el grado de cobertura relativo (respecto al censo) del registro de defunciones; la de *Preston-Coale* proporciona algunos elementos acerca de la coherencia de la información utilizada (dos censos consecutivos y registros de defunciones y nacimientos). Por último la técnica de *Preston* permite, a partir de dos censos y una tabla estándar de mortalidad, calcular estimaciones de la tasa de natalidad y un factor de conversión de la tabla estándar a una aplicable a la población en estudio.

<ESTIMACION DE POBLACION> <MODELO DE POBLACION>
<METODOLOGIA> <TASA DE CRECIMIENTO>

NOTES FOR DISCUSSING THE AGENDA OF THE
WORKSHOP ON THE USE OF AGE-SPECIFIC POPULATION
GROWTH RATES FOR DEMOGRAPHIC MEASUREMENT
IN LATIN AMERICA

SUMMARY

The preparatory work previous to the Workshop on the Use of Age-Specific Rates for Demographic Measurements organized by CELADE and IUSSP is described. During the Workshop was studied the behaviour, under controlled conditions, of the so-called *Bennett-Horiuchi*, *Preston-Coale* and *Preston* relationships. These relationships are valid for any closed population, and they share the requirement of age growth rates.

The methods were applied to the basic information of three 10 years population projections with different assumptions: closed population, immigration or emigration. In the first one, several frequently found errors in Latinamerican countries were simulated (censal underenumeration, unregistered deaths, and underenumeration of certain age-groups in the census).

Several minor improvements are described as well as the most important conclusions derived from the use of the above mentioned relationships. The so-called *Bennett-Horiuchi* equation is useful to estimate the coverage of death registration relative to the population census. The *Preston-Coale* relationship gives some information about the consistency of the basic information about the consistency of the basic information (two sequential censuses, death and birth registration). With the *Preston* formula, on the basis of a standard life-table and two censuses, it is possible to estimate birth rates, and a factor to convert the standard table on a life-table adapted to the population under study.

<POPULATION ESTIMATE> <POPULATION MODEL>
<METHODOLOGY> <GROWTH RATE>

RECONOCIMIENTO

Este documento se basa, fundamentalmente, en los trabajos realizados por tres estudiantes del Curso de Maestría en Demografía del CELADE. Con mucha gratitud, el autor de este artículo expresa su reconocimiento a Víctor García, Diego López y Sonia Mychaszula. Ellos efectuaron todos los cálculos, cuyos resultados se presentan en esta nota, y son además responsables de las innovaciones introducidas en la forma de aplicar los métodos que se analizan.

INTRODUCCION

Cuando nuestro trabajo se inició, tenía como objetivo estudiar y aplicar a información proveniente de países de América Latina métodos presentados en tres documentos seleccionados.¹⁻²⁻³ Se cumplió en lo que se refiere a los citados en ¹ y ³. En cuanto al de *Preston-Coale*, trata de un número tan vasto de temas que se hizo necesario seleccionar —entre las muchas relaciones que presenta— aquella más próxima, por su similitud, a la fórmula básica del documento de *Bennett-Horiuchi*. Era ventajoso disponer de dos relaciones estrechamente vinculadas entre sí a fin de facilitar la comparación en el comportamiento de ambas. Por otra parte, debió trabajarse de acuerdo a un estricto calendario, enfrentando además el hecho de que varios de los participantes en este ejercicio residían en seis diferentes lugares de la región latinoamericana.

¹ Neil G. Bennett, Shiro Horiuchi: "Estimating the completeness of death registration in a closed population", *Population Index* 47 (2) Summer 1981.

² Samuel Preston, Ansley Coale: "Age structure, growth, attrition and accession: A new synthesis", *Population Index* 48 (2): 217-59, Summer 1982.

³ Samuel H. Preston: "An integrated system for demographic estimation from two age distributions", *Demography*, Volume 20, N°2, May 1983.

Las tres relaciones estudiadas se presentan a continuación, en el orden en que ellas son examinadas, que es coincidente con el orden en que ellas fueron publicadas (suponemos que el lector está familiarizado con esos tres documentos, aparecidos en el número 35, de Notas de Población, por lo que no incluiremos aquí la definición de los símbolos que aparecen en las expresiones):

Bennett-Horiuchi

$$N(a) = N(a+5) \cdot \text{EXP}(5 \cdot {}_s r_a) + {}_s D_a \cdot \text{EXP}(2.5 \cdot {}_s r_a)$$

con un valor inicial $N(A)$, para $A = 80, 75, \dots$, que se obtiene por medio de la siguiente ecuación de regresión:

$$N(A) = D(A+) \cdot (\text{EXP}[r(A+) \cdot e(A)] - [r(A+) \cdot e(A)]^2) / 6,$$

donde $e(A)$ es la esperanza de vida a la edad A

Preston-Coale

$$N(a) = N(a-5) \cdot \text{EXP}(-5 \cdot {}_s r_{a-5}) - {}_s D_{a-5} \cdot \text{EXP}(-2.5 \cdot {}_s r_{a-5})$$

con un valor inicial $N(a)$, donde a puede tomar un valor tal como: 0, 5, 10. . . Si $a=0$, $N(0)=B$, esto es, la densidad de nacimientos.

En sus documentos, los autores no presentan la fórmula anterior escrita en forma exactamente igual a como la presentamos aquí. Ella se deriva de la expresión siguiente, que se transcribe del documento original:

$$N(a+n) = N(a) \text{EXP}(-\int_a^{a+n} r(x) dx) + \int_a^{a+n} (A(x) - D(\tilde{x})) \cdot \text{EXP}(-\int_x^{a+n} r(y) dy) dx$$

Durante las sesiones de trabajo que tuvieron lugar en CELA-DE-Santiago en el mes de agosto llamamos, alguna vez, “descendente” a la fórmula de *Preston-Coale*, ya que en ella se avanza de edades jóvenes hacia edades más avanzadas, de la parte de arriba a la parte de abajo del cuadro de cálculo, en oposición a la expresión de *Bennett-Horiuchi*, u otra relación de *Preston-Coale*, presentada también en el documento de estos últimos, que es “ascendente”, esto es, se avanza en los cálculos desde una edad hacia otra más joven.

A fin de distinguir entre estas dos fórmulas, sin peligro de confusión, llamaremos *Bennett-Horiuchi*, a la fórmula de *Preston-Coale* ascendente y simplemente *Preston-Coale*, a la descendente.

Preston

$$\frac{p^*(5) \cdot \text{EXP}(-\int_0^a r(x) dx)}{c(a)} = \frac{1}{b} + \frac{K}{b} \left[\frac{{}_5q_s(a)}{{}_5p_s(a)} \right] a \geq 5$$

El trabajo efectuado puede clasificarse, de un modo natural, en dos etapas, cada una de las cuales se describe en un capítulo separado.

Es interesante observar cuáles son los resultados que se obtienen cuando se aplican las tres fórmulas examinadas a información libre de errores. Este es el objetivo del capítulo I, en el que los procedimientos estudiados se aplican a una población cerrada, proyectada por un período de 10 años. Se pensó que era interesante realizar el ejercicio con información separada por 10 años, por ser éste el plazo que se presenta con mayor frecuencia en la práctica. La situación teórica corresponde, por lo tanto, a una población con censos completos, levantados con un intervalo de 10 años, sin migración y con registros completos de nacimientos y muertes. La fecundidad y la mortalidad son conocidas. Se empleó una proyección de la población femenina de la Argentina, sin migración, correspondiente al período 1970-1980.

El cociente \hat{N}_a / \bar{N}_a entre el valor estimado (mediante las relaciones de *Bennett-Horiuchi* o *Preston-Coale*) y el valor observado, debe ser próximo a 1, en tanto que las estimaciones de la tasa de natalidad y la esperanza de vida a la edad 5, obtenidas mediante la aplicación de la fórmula de *Preston* deben, de un modo similar, ser próximas a los valores conocidos.

En el capítulo II se estudió cómo los resultados logrados en el capítulo I eran afectados por las siguientes modificaciones a la situación anterior, introducidas en forma separada:

- (a) inmigración durante el período intercensal,
- (b) emigración durante el período intercensal,
- (c) 20 por ciento de omisión en el registro de las muertes,
- (d) 10 por ciento de omisión, en ambos censos, en el grupo de edades 20-29 años,
- (e) 5 por ciento de omisión en el segundo censo.

Se estudió también (*f*), el efecto de una omisión del 10 por ciento en el registro de nacimientos, cuando se examinó la fórmula de *Preston-Coale* con una edad inicial igual a 0.

Teniendo en cuenta las diferencias que se presentan cuando se aplican las fórmulas a datos no afectados por errores (capítulo I) fue posible observar cómo las modificaciones enumeradas anteriormente alteraban los resultados esperados.

Este es un ejercicio útil, que permite detectar el efecto de desviaciones aisladas de una situación ideal. Cuando se está frente a una aplicación a datos reales, desde luego, la situación es muy diferente a la de estos casos de simulaciones, ya que entonces, probablemente todas las alteraciones de la situación ideal estarán presentes, con diferente intensidad. Las predominantes, sin embargo, podrán tal vez detectarse después de un examen cuidadoso del capítulo II.

CAPITULO I

En este capítulo se aplican, a información libre de errores, las tres expresiones presentadas en el capítulo introductorio. La simulación se hace con una población real que se proyecta por un período de 10 años, suponiendo que no hay migraciones. Esta situación es equivalente, en consecuencia, a la de una población enumerada en dos censos, separados entre sí por 10 años, con cobertura completa y con registros de nacimientos y muertes también completos.

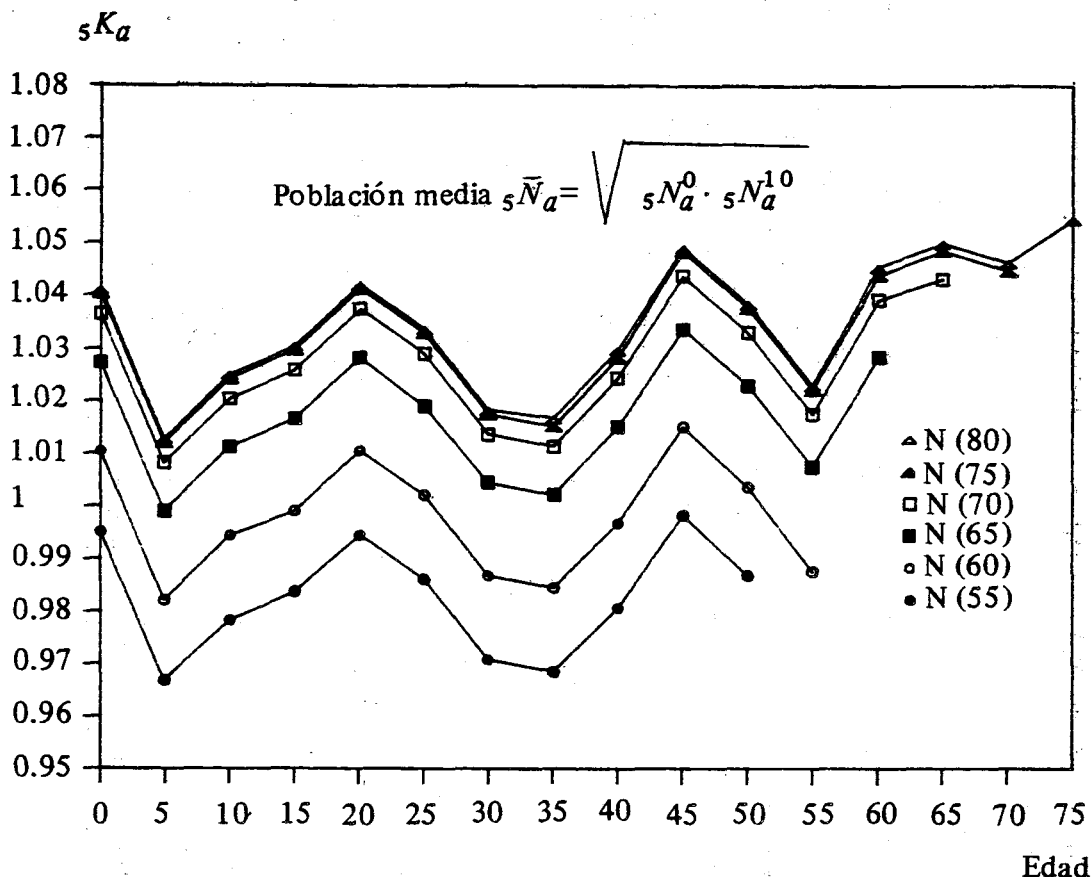
Se espera que la aplicación de las fórmulas en esas circunstancias produzca resultados que indiquen la no existencia de errores o, más bien, muestre desviaciones pequeñas, carentes de significación, entre los valores estimados y los observados. Esas diferencias podrán deberse a la naturaleza discontinua del ejercicio de la proyección, en oposición a la naturaleza continua de las expresiones empleadas en la derivación de las fórmulas.

La primera de las fórmulas examinadas es la propuesta por *Bennett-Horiuchi* (ver capítulo introductorio).

En primer lugar, la fórmula se aplicó siguiendo casi al pie de la letra las indicaciones dadas por los autores. La única pequeña desviación de ellas fue la forma en que se calculó la integral numérica de los valores $\hat{N}(a)$ resultantes: en lugar de un comportamiento lineal entre dos valores consecutivos, separados por un intervalo de

Gráfico 1

**BENNETT-HORIUCHI. POBLACION PROYECTADA (SIN ERRORES)
SEIS PUNTOS INICIALES, $N(A)$, $A=80, 75, \dots, 55$**



edades de 5 años, se supuso que tal variación era exponencial. Las diferencias en los resultados, ${}_5\hat{N}_a$, debidas a esta razón, son despreciables.

Los resultados que se obtienen utilizando ese procedimiento aparecen en el gráfico 1. Se presentan allí seis series de resultados, ${}_5K_a = {}_5\hat{N}_a / {}_5\bar{N}_a$, correspondientes a otras tantas edades iniciales. Esta se designa con A y toma los valores: 80, 75, 70, 65, 60 y 55.

A fin de simplificar la presentación se presentan solamente los valores numéricos de una de las seis series de datos, los que corresponden a $A=80$. Aparecen en el cuadro I.

Lo que más llama la atención al examinar el gráfico 1 es la gran diversidad de valores de ${}_5K_a$, dependiendo de la edad inicial, y el comportamiento irregular, con el variar de la edad. Debe recordarse que en condiciones ideales, ${}_5K_a$ debe valer 1 y, consecuentemente, ser invariable con la edad.

Cuadro 1
BENNETT-HORIUCHI. POBLACION PROYECTADA (SIN ERRORES)
 (Edad inicial: 80 $e(80)=6.47$)

$${}_s\bar{N}_a = \sqrt{{}_sN_a^0 \cdot {}_sN_a^{10}}$$

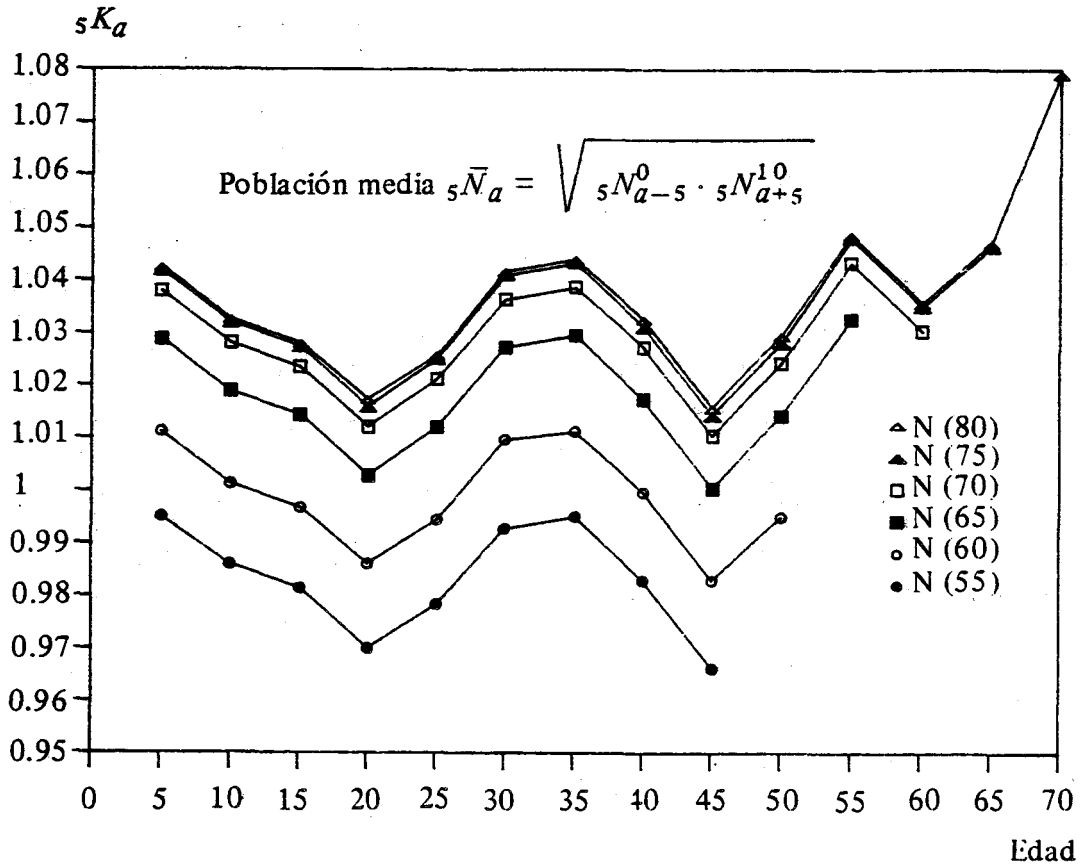
Edad	Población		$R(a)$ (3)	Población Media (4)	Defunciones (5)	$\hat{N}(a)$ (6)	Población Estimada (7)	${}_sK_a$ (8)
	Inicial (1)	Final (2)						
0- 4	1212126	1565520	0,02562	1377537	14606	313248	1434007	1,04099
5- 9	1147229	1343144	0,01579	1241327	639	261887	1257506	1,01303
10-14	1107115	1199833	0,00805	1152542	525	241394	1181688	1,02529
15-19	1061397	1140756	0,00722	1100361	898	231352	1133897	1,03048
20-24	966519	1098529	0,01282	1030412	1095	222267	1073753	1,04206
25-29	865165	1050292	0,01942	953245	1262	207406	985172	1,03349
30-34	807272	953784	0,01670	877475	1418	187015	893594	1,01837
35-39	790712	850545	0,00730	820083	1812	170672	833455	1,01631
40-44	772872	789185	0,00209	780986	2295	162772	803879	1,02931
45-49	700343	767009	0,00911	732918	3029	158796	768636	1,04873
50-54	613660	741198	0,01891	674421	3937	148768	700022	1,03796
55-59	550142	660305	0,01828	602712	4974	131592	616459	1,02281
60-64	462256	562988	0,01974	510142	6529	115348	532964	1,04474
65-69	357013	481226	0,02990	414492	8698	98292	434905	1,04925
70-74	255491	372949	0,03788	308683	10484	76573	322659	1,04528
75-79	161153	250367	0,04412	200867	11771	53825	211730	1,05408
80 y +	113010	183260	0,04841	143910	24143	32628		
TOTAL	11943475	14010888	0.01599	12922114	98113			

(3) Tasas de crecimiento intercensales

(7) $[\hat{N}(a+5) - \hat{N}(a)] / [2 \log (\hat{N}(a+5)/\hat{N}(a))]$

Gráfico 2

BENNETT-HORIUCHI. POBLACION PROYECTADA (SIN ERRORES)
SEIS PUNTOS INICIALES, $N(A)$, $A=80, 75, \dots, 55$



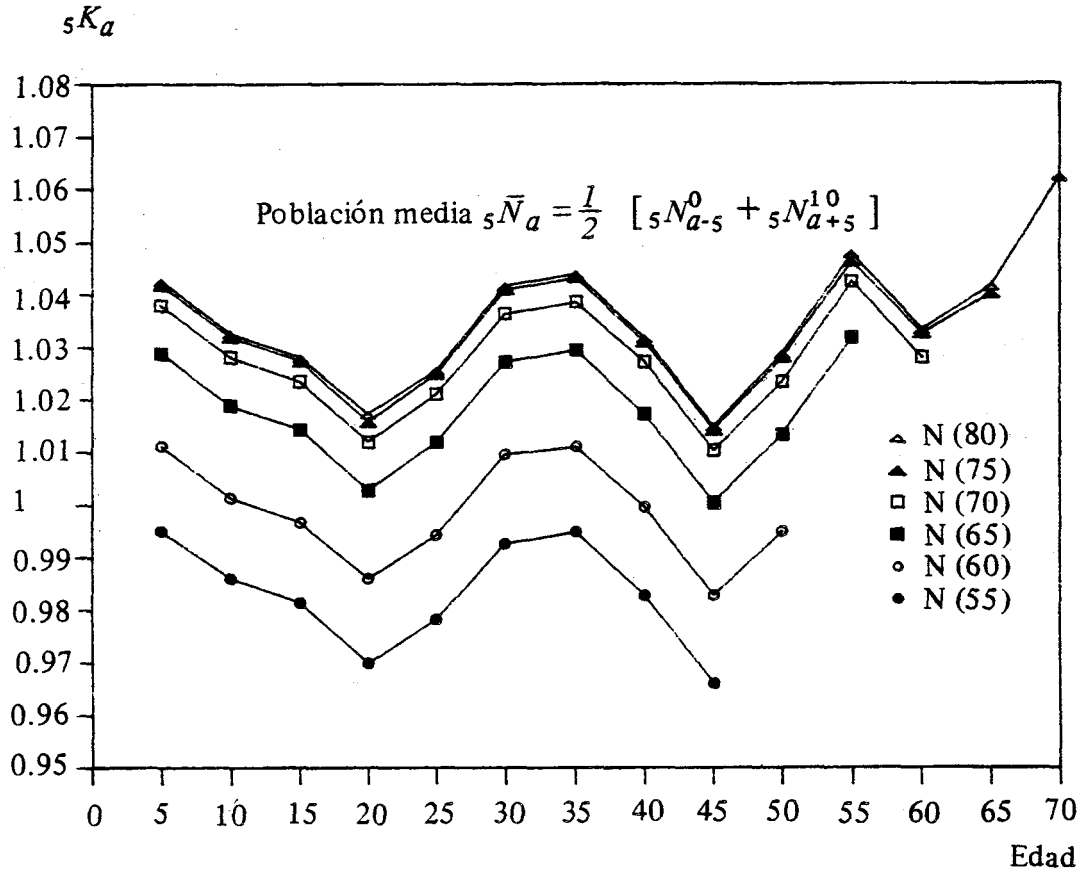
Nada podemos hacer a fin de evitar la diversidad debida a la selección del valor de A . Las variables independientes, $e(A)$ y $D(A+)$, determinan, utilizando la ecuación de regresión dada por los autores, resultados que son incoherentes.

Se trató de reducir las variaciones de las seis series, que muestran, naturalmente, una variación paralela con la edad, innovando la forma de calcular la población media, el denominador de la expresión ${}_s\hat{N}_a / {}_s\bar{N}_a$. En lugar de calcularla como un promedio del número de personas en un grupo de edades en dos momentos, se lo computó tomando en cuenta la variación en el número de personas de la cohorte. Se hizo esto de dos maneras diferentes:

- calculando un promedio geométrico ${}_s\bar{N}_a = \sqrt{{}_sN_{a-5}^0 \cdot {}_sN_{a+5}^{10}}$
- calculando un promedio aritmético ${}_s\bar{N}_a = \frac{I}{2} ({}_sN_{a-5}^0 + {}_sN_{a+5}^{10})$

Gráfico 3

BENNETT-HORIUCHI. POBLACION PROYECTADA (SIN ERRORES)
PUNTOS INICIALES $N(A)$, $A=80, 75, \dots, 55$



Los resultados de ambos cálculos son presentados en los gráficos 2 y 3. No se advierte un mayor mejoramiento —si es que realmente existe alguno— entre estos resultados y aquellos del gráfico 1.

Los cuadros 2 y 3 muestran el despliegue de la información utilizada (para $A=80$), en cada uno de los dos cálculos.

Por último, un mejoramiento relevante en la regularidad de la variación de K con la edad, se obtiene calculando el cociente de la densidad de personas a edades exactas, esto es, $N(a)$, en lugar del cociente para grupos quinquenales de edad, ${}_5K_a$. Los resultados $K(a) = \hat{N}(a)/\bar{N}(a)$ se presentan en los gráficos 4 y 5.

Los valores $\bar{N}(a)$ se calculan a partir de la población media estimada, por cohortes, mediante interpolación geométrica (gráfico 4), o aritmética (gráfico 5).

Cuadro 2
BENNETT-HORIUCHI, POBLACION PROYECTADA (SIN ERRORES)
 (Edad inicial: 80 $e(80):6.47$)

$${}_s\bar{N}_a = \sqrt{{}_sN_a^0 \cdot {}_sN_a^{10}}$$

Edad	Población		Defuncio- nes (3)	$R(a)$ (4)	Población Media		Población estimada		$K(a)$	
	Inicial (1)	Final (2)			${}_s\bar{N}_a$ (5)	$\bar{N}(a)$ (6)	$\hat{N}(a)$ (7)	${}_s\hat{N}_a$ (8)	quin (9)	densi (10)
0- 4	1212126	1565520	14606	0,02562			313248	1434007		
5- 9	1147229	1343144	639	0,01579	1205964		261887	1257506	1,04274	
10-14	1107115	1199833	525	0,00805	1143988	234995	241394	1181688	1,03296	1,02723
15-19	1061397	1140756	898	0,00722	1102814	224680	231352	1133897	1,02819	1,02970
20-24	966519	1098529	1095	0,01282	1055830	215864	222267	1073753	1,01698	1,02966
25-29	865165	1050292	1262	0,01942	960130	201596	207406	985172	1,02608	1,02882
30-34	807272	953784	1418	0,01670	857824	181795	187015	893594	1,04170	1,02871
35-39	790712	850545	1812	0,00730	798177	165600	170672	833455	1,04420	1,03063
40-44	772872	789185	2295	0,00209	778770	157695	162772	803879	1,03224	1,03220
45-49	700343	767009	3029	0,00911	756869	153564	158796	768636	1,01555	1,03407
50-54	613660	741198	3937	0,01891	680029	143690	148768	700022	1,02940	1,03534
55-59	550142	660305	4974	0,01828	587778	126781	131592	616459	1,04880	1,03795
60-64	462256	562988	6529	0,01974	514531	110231	115348	532964	1,03582	1,04642
65-69	357013	481226	8698	0,02990	415208	92974	98292	434905	1,04744	1,05720
70-74	255491	372949	10484	0,03778	298972	71418	76573	322659	1,07923	1,07218
75-79	161153	250367	11771	0,04412			53825	211730		
80 y +	113010	183260	24143	0,04841			32628			
TOTAL	11943475	14010888	98113	0,01599						

(4) Tasas de crecimiento intercensales

(6) $\bar{N}(a) = ({}_s\bar{N}_{a-s} + {}_s\bar{N}_a)/10$

Cuadro 3
BENNETT-HORIUCHI. POBLACION PROYECTADA (SIN ERRORES)
 (Edad inicial: 80 $e(80): 6.47$)

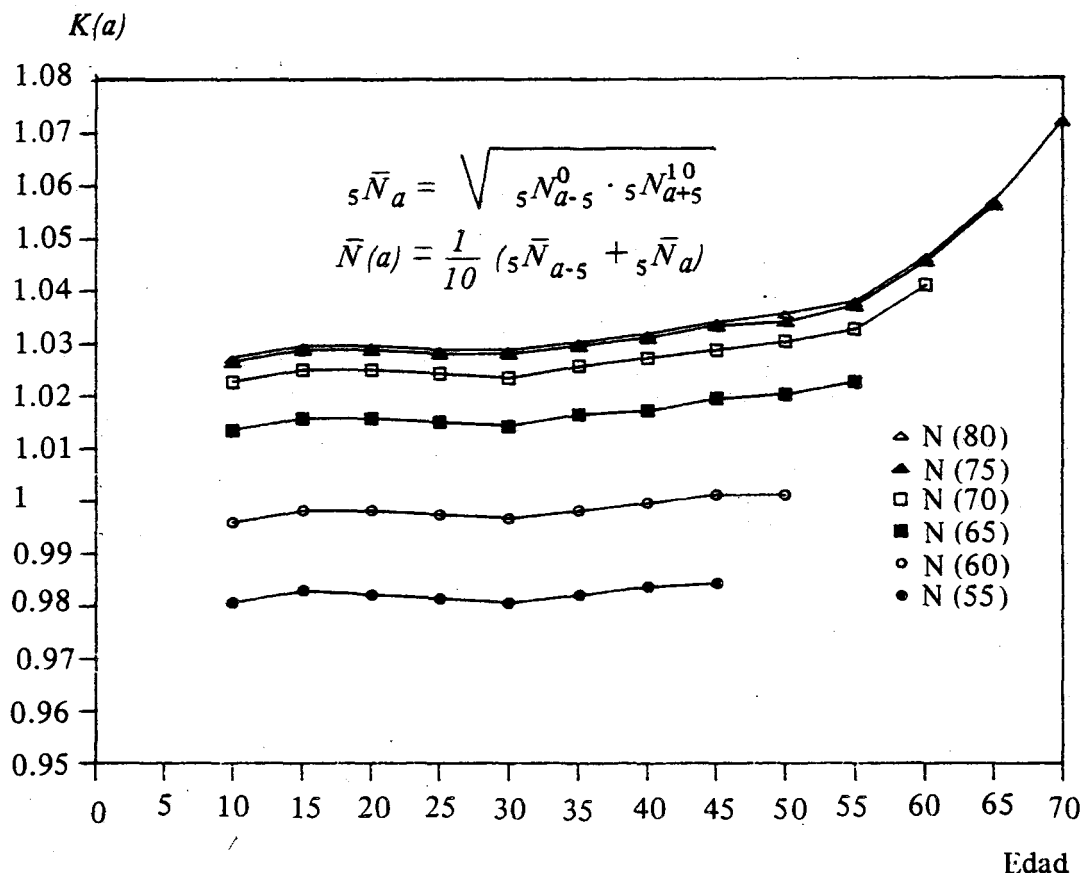
$${}_s\bar{N}_a = \frac{1}{s} [{}_sN_a^0 - s + {}_sN_a^{10}]$$

Edad	Población		Defunciones (3)	R(a) (4)	Población media			Población estimada		K(a)	
	Inicial (1)	Final (2)			${}_s\bar{N}_a$ (5)	$\bar{N}(a)$ (6)	$\dot{N}(a)$ (7)	${}_s\dot{N}_a$ (8)	quin (9)	densi (10)	
0-4	1212126	1565520	14606	0,02562		313248	1434007				
5-9	1147229	1343144	639	0,01579	1205980	261887	1257506	1,04273			
10-14	1107115	1199833	525	0,00805	1143993	234997	1181688	1,03295			1,02722
15-19	1061397	1140756	898	0,00722	1102822	224681	1133897	1,02818			1,02969
20-24	966519	1098529	1095	0,01282	1055845	215867	1073753	1,01696			1,02965
25-29	865165	1050292	1262	0,01942	960152	201600	985172	1,02606			1,02880
30-34	807272	953784	1418	0,01670	857855	181801	893594	1,04166			1,02868
35-39	790712	850545	1812	0,00730	798229	165608	833455	1,04413			1,03058
40-44	772872	789185	2295	0,00209	778861	157709	803879	1,03212			1,03211
45-49	700343	767009	3029	0,00911	757035	153590	768636	1,01532			1,03390
50-54	613660	741198	3937	0,01891	680324	143736	700022	1,02895			1,03501
55-59	550142	660305	4974	0,01828	588324	126865	616459	1,04782			1,03726
60-64	462256	562988	6529	0,01974	515684	110401	532964	1,03351			1,04481
65-69	357013	481226	8698	0,02990	417603	93329	434905	1,04143			1,05318
70-74	255491	372949	10484	0,03788	303690	72129	322659	1,06246			1,06161
75-79	161153	250367	11771	0,04412							
80 y +	113010	183260	24143	0,04841							
TOTAL	11943475	14010888	98113	0,01599							

(3) Medias anuales
 (4) Tasas de crecimiento intercensales

Gráfico 4

**BENNETT-HORIUCHI, POBLACION PROYECTADA (SIN ERRORES)
PUNTOS INICIALES $N(A)$ $A=80, 75, \dots 55$**



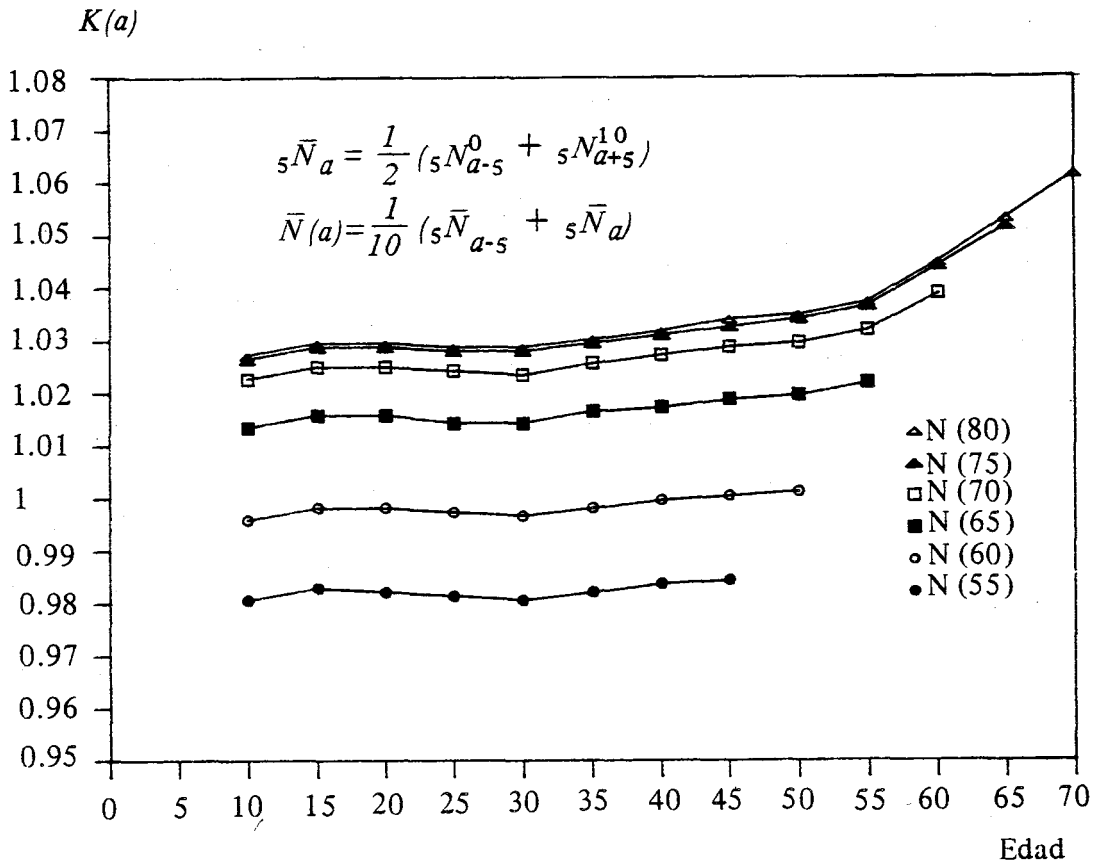
Los cuadros 2 y 3 contienen la información representada en los gráficos 4 y 5, cuando $A = 80$.

De lo anterior surgen con claridad estas conclusiones:

- el nivel de K depende en gran medida de la relación utilizada en el cómputo de $\hat{N}(A)$,
- si la información que se maneja está libre de errores, para un valor dado de A , la serie de valores $K(a)$ resultante varía ligeramente con la edad —acercándose a la esperada situación ideal de tomar un valor constante—; $K(a)$ es el cociente de dos densidades; $\bar{N}(a)$ se calcula a partir de la población media del período intercensal calculada tomando en cuenta las variaciones según cohortes,
- no tiene mayor relevancia calcular esa población utilizando sea una media aritmética, sea una media geométrica.

Gráfico 5

BENNETT-HORIUCHI. POBLACION PROYECTADA (SIN ERRORES)
PUNTOS INICIALES $N(A)$, $A = 80, 75, \dots, 55$



La segunda fórmula examinada es la designada *Preston-Coale* en el capítulo introductorio.

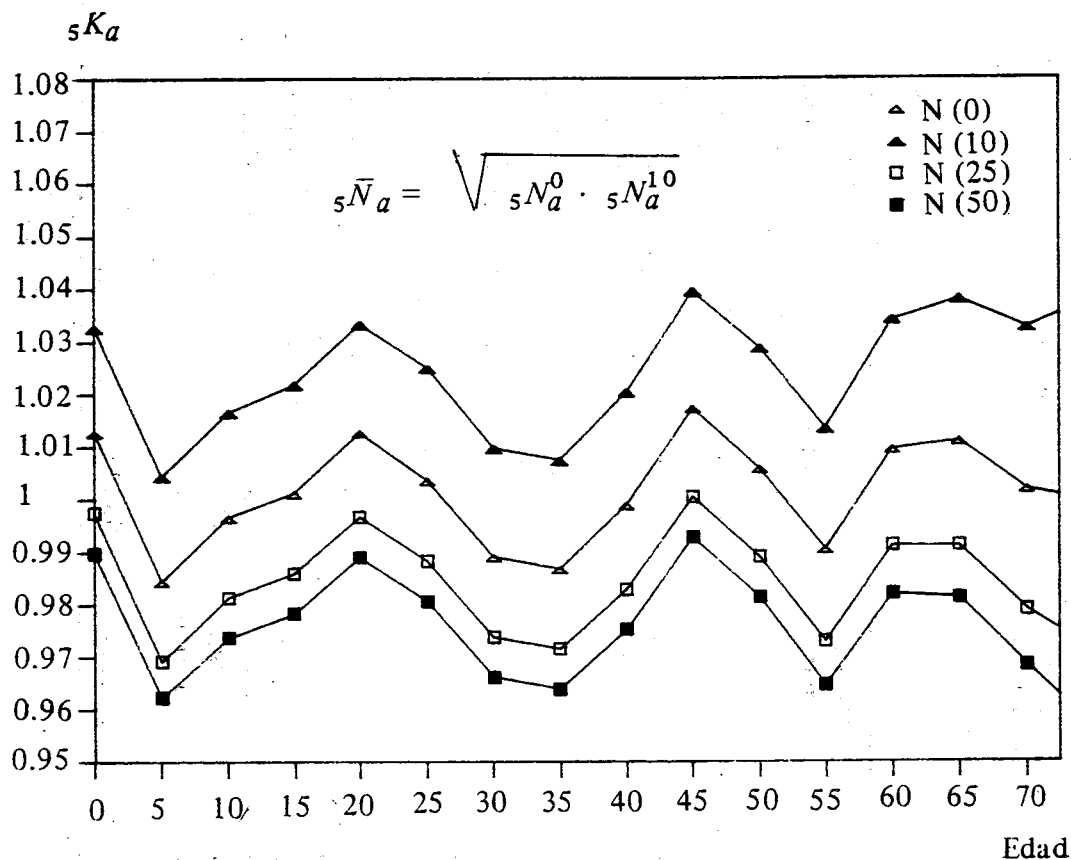
Se la aplicó, en primer término, empleando el procedimiento utilizado por los autores para calcular la población media observada, es decir, haciendo un promedio geométrico del número de personas en un grupo de edades observado en dos momentos.

Fueron seleccionadas varias edades como puntos de partida. En el gráfico 6 se muestran los resultados obtenidos a partir de cuatro edades, a saber: 0, 10, 25 y 50. Si, en el gráfico, todas las series se inician a la edad 0, es porque la fórmula de *Bennett-Horiuchi* se utilizó para “ascender” desde la edad inicial considerada hasta la edad 0.

Por razones de simplicidad de la presentación, la información numérica del gráfico 6 aparece en el cuadro 4 sólo para la edad inicial 0.

Gráfico 6

PRESTON-COALE. POBLACION PROYECTADA (SIN ERRORES)
 PUNTOS INICIALES $N(a)$, $a = 0, 10, 25, 50$



Nuevamente, al igual que en la primera aplicación del procedimiento de *Bennett-Horiuchi*, es sorprendente encontrar una gran diversidad de valores según la edad y el punto inicial considerados. Las fluctuaciones de las cuatro series de valores —una para cada una de las edades iniciales escogidas— siguen, naturalmente, un curso paralelo. Recordemos que el valor teórico esperado es 1, constante, independiente de la edad y del punto inicial.

Si la población media se calcula como la media geométrica en una cohorte, la dispersión entre las cuatro series se reduce marcadamente, como puede verse en el gráfico 7. La información básica y los cálculos que conducen a los valores de ese gráfico pueden verse, para la edad inicial 0, en el cuadro 5.

Las fluctuaciones con la edad, sin embargo, persisten. Si se calculan valores de $K(a)$, es decir, cocientes entre densidad de personas a la edad exacta a , $\hat{N}(a)$, deducidos según la fórmula, y $\bar{N}(a)$, obteni-

Cuadro 4
PRESTON-COALE: POBLACION PROYECTADA (SIN ERRORES)
(edad inicial: 0)

$${}_s \hat{N}_a = \sqrt{{}_s N_a^0 \cdot {}_s N_a^{10}}$$

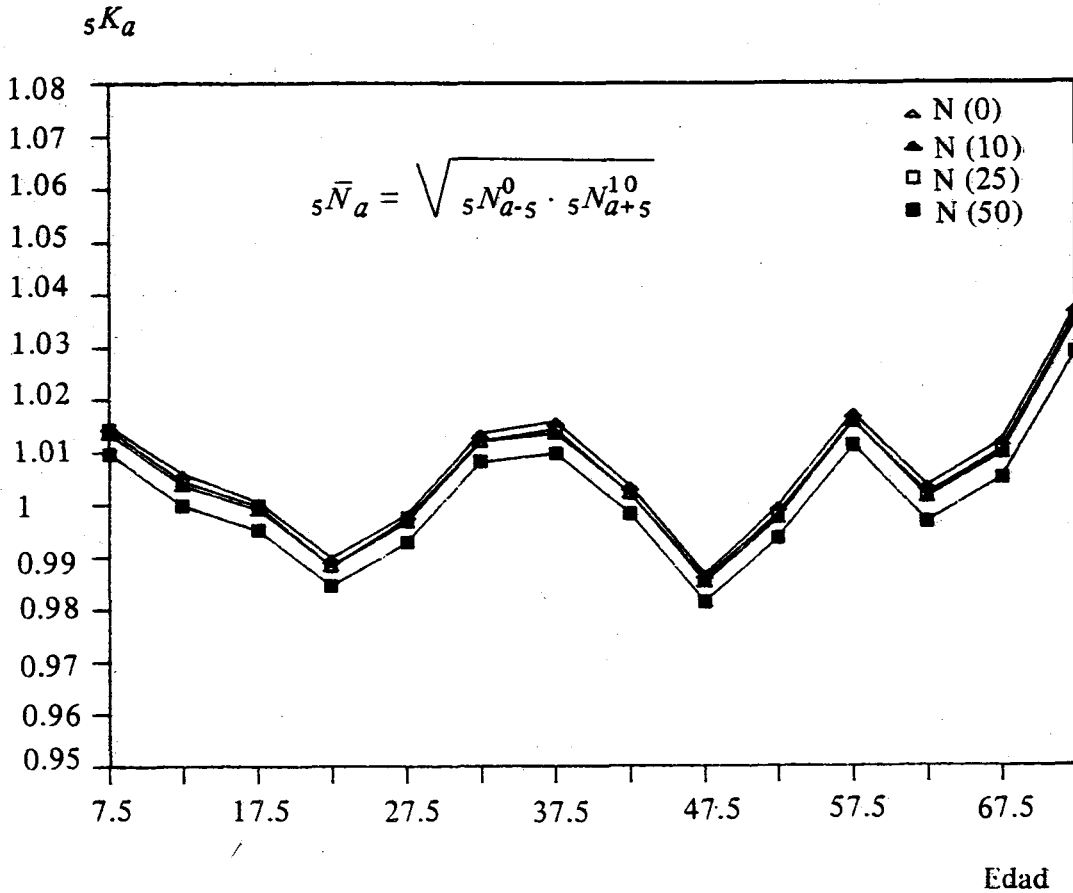
Edad	Poblaciones		R(a) (3)	Población		Defunciones (5)	$\hat{N}(a)$ (6)	Población Estimada (7)	${}_s K_a$ (8)
	Inicial (1)	Final (2)		Media (4)	Media (4)				
0-4	1212126	1565520	0,02562	1377537	14606	304856	1394613	1,01240	
5-9	1147229	1343144	0,01579	1241327	639	254503	1222008	0,98444	
10-14	1107115	1199833	0,00805	1152542	525	234571	1148252	0,99628	
15-19	1061397	1140756	0,00722	1100361	898	224799	1101713	1,00123	
20-24	966519	1098529	0,01282	1030412	1095	215946	1043138	1,01235	
25-29	865165	1050292	0,01942	953245	1262	201477	956921	1,00386	
30-34	807272	953784	0,01670	877475	1418	181634	867786	0,98896	
35-39	790712	850545	0,00730	820083	1812	165723	809155	0,98667	
40-44	772872	789185	0,00209	780986	2295	158000	780145	0,99892	
45-49	700343	767009	0,00911	732918	3029	154074	745554	1,01724	
50-54	613660	741198	0,01891	674421	3937	144256	678494	1,00604	
55-59	550142	660305	0,01828	602712	4974	127487	596842	0,99026	
60-64	462256	562988	0,01974	510142	6529	111602	515121	1,00976	
65-69	357013	481226	0,02990	414492	8698	94898	419128	1,01118	
70-74	255491	372949	0,03788	308683	10484	73650	309314	1,00204	
75-79	161153	250367	0,04412	200867	11771	51406	200803	0,99968	
80 y +	113010	183260	0,04841	143910	24143	30689			
TOTAL	11943475	14010888	0,01599	12922114	98113				

(3) Tasas de crecimiento intercensales

$$(7) [\hat{N}(a+5) - \hat{N}(a)] / [2 \log \hat{N}(a+5) / \hat{N}(a)]$$

Gráfico 7

PRESTON-COALE. POBLACION PROYECTADA (SIN ERRORES)
PUNTOS INICIALES $N(a)$, $a = 0, 10, 25, 50$



dos de una interpolación geométrica, de cohortes, la serie se vuelve bastante suave, con valores muy próximos entre sí hasta la edad, digamos, de 50 ó 55 años. Se aprecia esto en el gráfico 8 y en el cuadro 5 (para la edad inicial 0).

Resultados similares se obtienen si, a fin de calcular la población media, en lugar de una media geométrica se emplea una aritmética. Por razones de simplicidad, los resultados obtenidos mediante el uso de esta última no se presentan aquí.

Puede concluirse de lo anterior:

- en contraste con lo que sucedía con la primera de las fórmulas examinadas el efecto en la diversidad de valores originada por la utilización de distintos puntos de partida, se reduce grandemente mediante el recurso simple de utilizar un procedimiento apropiado en la estimación de la población media.

Cuadro 5
PRESTON-COALE. POBLACION PROYECTADA (SIN ERRORES)
(edad inicial: 0)

$${}_s\bar{N}_a = \sqrt{{}_sN_{a-s}^0 \cdot {}_sN_{a+s}^{10}}$$

Edad	Población		R(a) (3)	Población Media (4)	Densidad Media (5)	Defun- ciones (6)	$\hat{N}(a)$ (7)	Población estimada (8)	${}_sK_a$ (9)	K(a) (10)
	Inicial (1)	Final (2)								
0-1	1212126	1565520	0,02562			14606	304856	1394613		
5-9	1147229	1343144	0,01579	1205964		639	254503	1222008	1,01330	
10-14	1107115	1199833	0,00805	1143988	234995	525	234571	1148252	1,00373	0,99820
15-19	1061397	1140756	0,00722	1102814	224680	898	224799	1101713	0,99900	1,00053
20-24	966519	1098529	0,01282	1055830	215864	1095	215946	1043138	0,98798	1,00038
25-29	865165	1050292	0,01942	960130	201596	1262	201477	956921	0,99666	0,99941
30-34	807272	953784	0,01670	857824	181795	1418	181634	867786	1,01161	0,99911
35-39	790712	850545	0,00730	798177	165600	1812	165723	809155	1,01375	1,00074
40-44	772872	789185	0,00209	778770	157695	2295	158000	780145	1,00176	1,00194
45-49	700343	767009	0,00911	756869	153564	3029	154074	745554	0,98505	1,00332
50-54	613660	741198	0,01891	680029	143690	3937	144256	678494	0,99774	1,00394
55-59	550142	660305	0,01828	587778	126781	4974	127487	596842	1,01542	1,00557
60-64	462256	562988	0,01974	514531	110231	6529	111602	515121	1,00115	1,01243
65-69	357013	481226	0,02990	415208	92974	8698	94898	419128	1,00944	1,02069
70-74	255491	372949	0,03788	298972	71418	10484	73650	309314	1,03459	1,03125
75-79	161153	250367	0,04412			11771	51406	200803		
80 y +	113010	183260	0,04841			24143	30689			
TOTAL	11943475	14010888	0,01599							

(3) Tasas de crecimiento intercensales

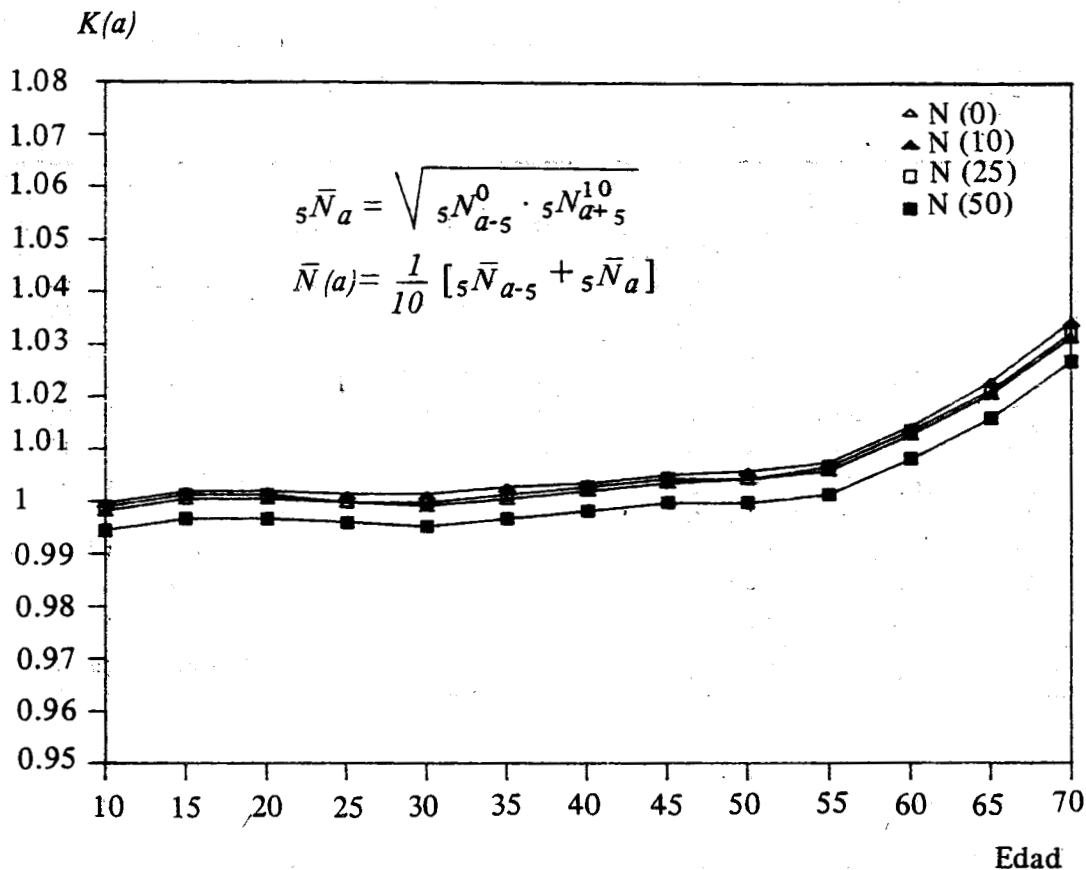
(5) $\bar{N}(a) = ({}_sN_{a-s} + {}_sN_a) / 10$

(6) Medias anuales

(8) $[N(a+5) - \hat{N}(a)] / [2 \log \hat{N}(a+5) / \hat{N}(a)]$

Gráfico 8

PRESTON-COALE. POBLACION PROYECTADA (SIN ERRORES)
PUNTOS INICIALES $N(a)$, $a = 0, 10, 25, 50$



al igual que en el análisis anterior, el uso de $K(a)$, en lugar de ${}_sK_a$, produce un conjunto de puntos que varía muy poco con la edad.

Antes de iniciar el examen de la fórmula propuesta por *Preston*, es interesante confirmar la relación estrecha que vincula a las relaciones de *Bennett-Horiuchi* y *Preston-Coale*. En teoría, ambas deben producir resultados idénticos de $\hat{N}(a)$; en la práctica, sin embargo, los valores que se obtienen no son iguales, aunque las diferencias son bastante pequeñas, tal como puede verse en el cuadro 6.

En este cuadro se presentan los valores resultantes de $\hat{N}(a)$, $K(a)$ y la distribución por edades entre los 10 y 55 años. El punto inicial en la ecuación de *Bennett-Horiuchi* es $N(65)$ en tanto que en la fórmula de *Preston-Coale* es $N(10)$.

Cuadro 6
 POBLACION PROYECTADA (SIN ERRORES)
 COMPARACION ENTRE $\hat{N}(a)$ Y $K(a)$ OBTENIDOS
 UTILIZANDO LAS FORMULAS DE BENNETT-HORIUCHI
 Y PRESTON-COALE
 (La población media se calcula utilizando un procedimiento de
 media geométrica por cohorte)

a	$\hat{N}(a)$		$K(a)$		(1)/(2)	B-H	P-C
	B-H A = 65	P-C a = 10*	B-H (1)	P-C (2)			
10	238 102	234 995	1,0132	1,0000	1,013	.1297	.1297
15	228 191	225 206	1,0156	1,0023	1,013	.1243	.1243
20	219 217	216 339	1,0155	1,0022	1,013	.1194	.1195
25	204 545	201 845	1,0146	1,0012	1,013	.1114	.1114
30	184 419	181 969	1,0144	1,0010	1,013	.1004	.1005
35	168 284	166 031	1,0162	1,0026	1,014	.0917	.0917
40	160 470	158 291	1,0176	1,0038	1,014	.0874	.0874
45	156 518	154 367	1,0192	1,0052	1,014	.0853	.0852
50	146 591	144 536	1,0202	1,0059	1,014	.0798	.0798
55	129 612	127 743	1,0223	1,0076	1,015	.0706	.0705
Total	1 835 949	1 811 322				1.0000	1.0000

* Edad de partida

La tercera y última fórmula aplicada a la población hipotética, con información libre de errores, es la que, en la introducción, llamamos de *Preston*.

Se la aplicó, en primer lugar, siguiendo los procedimientos indicados por el autor, en particular en la forma de calcular $c(a)$, es decir, la función de distribución por edades. El cuadro 7 y el gráfico 9 presentan los resultados. Si se toman en cuenta todos los puntos observados (15) a fin de ajustar una línea recta, la tasa de natalidad que se estima varía entre 23.58 o 23.74 por mil, dependiendo de cuál de los dos procedimientos de ajustamiento es el usado (uno de ellos es el de mínimos cuadrados, el otro el de medias de agrupamientos de puntos). El valor verdadero es 23.65 por mil.

El nivel de mortalidad estimado, expresado por la esperanza de vida a la edad 5, varía entre 69.17 y 69.70.

El valor verdadero es 70.05.

Cuadro 7
PRESTON. POBLACION PROYECTADA (SIN ERRORES)
(La $c(a)$ implícita en la $Y(a)$ se computa como lo indica el autor)

Edad	Población		Tiempo vivido (4)	$R(a)$ (3)	$C(a+5)$ (5)	$NY(a+5)$ (6)	$Y(a+5)$ (7)	$X(a+5)$ (8)
	Inicial (1)	Final (2)						
0-4	1212126	1565520	13794046	0,02562	0,02028	0,83674	41,2658	0,0000
5-9	1147229	1343144	12409113	0,01579	0,01851	0,77323	41,7702	0,0026
10-14	1107115	1199833	11512734	0,00805	0,01741	0,74271	42,6501	0,0049
15-19	1061397	1140756	10990920	0,00722	0,01647	0,71637	43,4871	0,0090
20-24	966519	1098529	10297035	0,01282	0,01535	0,67189	43,7828	0,0143
25-29	865165	1050292	9534311	0,01942	0,01417	0,60973	43,0398	0,0210
30-34	807272	953784	8772893	0,01670	0,01313	0,56088	42,7259	0,0294
35-39	790712	850545	8191412	0,00730	0,01237	0,54077	43,7017	0,0410
40-44	772872	789185	7799302	0,00209	0,01170	0,53514	45,7346	0,0564
45-49	700343	767009	7321666	0,00911	0,01089	0,51133	46,9745	0,0781
50-54	613660	741198	6744981	0,01891	0,00988	0,46520	47,0682	0,1098
55-59	550142	660305	6027220	0,01828	0,00861	0,42457	49,2961	0,1570
60-64	462256	562988	5102683	0,01974	0,00716	0,38466	53,6972	0,2326
65-69	357013	481226	4154637	0,02990	0,00561	0,33125	58,9982	0,3670
70-74	255491	372949	3101010	0,03788	0,00396	0,27410	69,1394	0,6185
75-79	161153	250367	2022177	0,04412				
80 y +	113010	183260	1451168	0,04841				
TOTAL	11943475	14010888	129227308	0,01599				

Estimación de $P(5)$: 95109

(3) Tasas de crecimiento intercensales

(4) $TV(a) = (N(a,t) - N(a,0)) / R(a)$

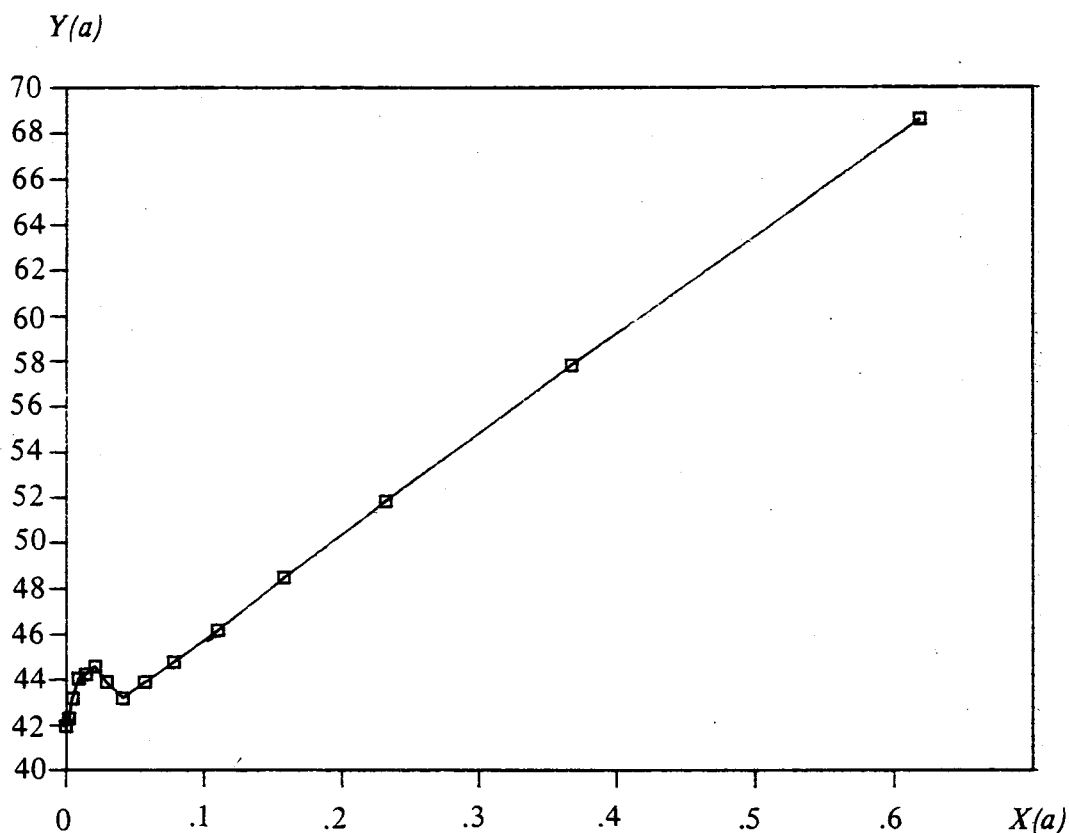
(5) $C(a) = (TV(a) + TV(a+1)) / TV$ (total)

(6) $NY(a) = P(5) \cdot EXP(-5 \cdot W)$; (W es la suma de las $R(a)$ desde el primer grupo)

(7) $Y(a) = NY(a) / C(a)$

Gráfico 9

PRESTON. POBLACION PROYECTADA (SIN ERRORES)
LA $c(a)$ IMPLICITA EN LA $Y(a)$ SE COMPUTA COMO
LO INDICA EL AUTOR



Fuente: Cuadro 7

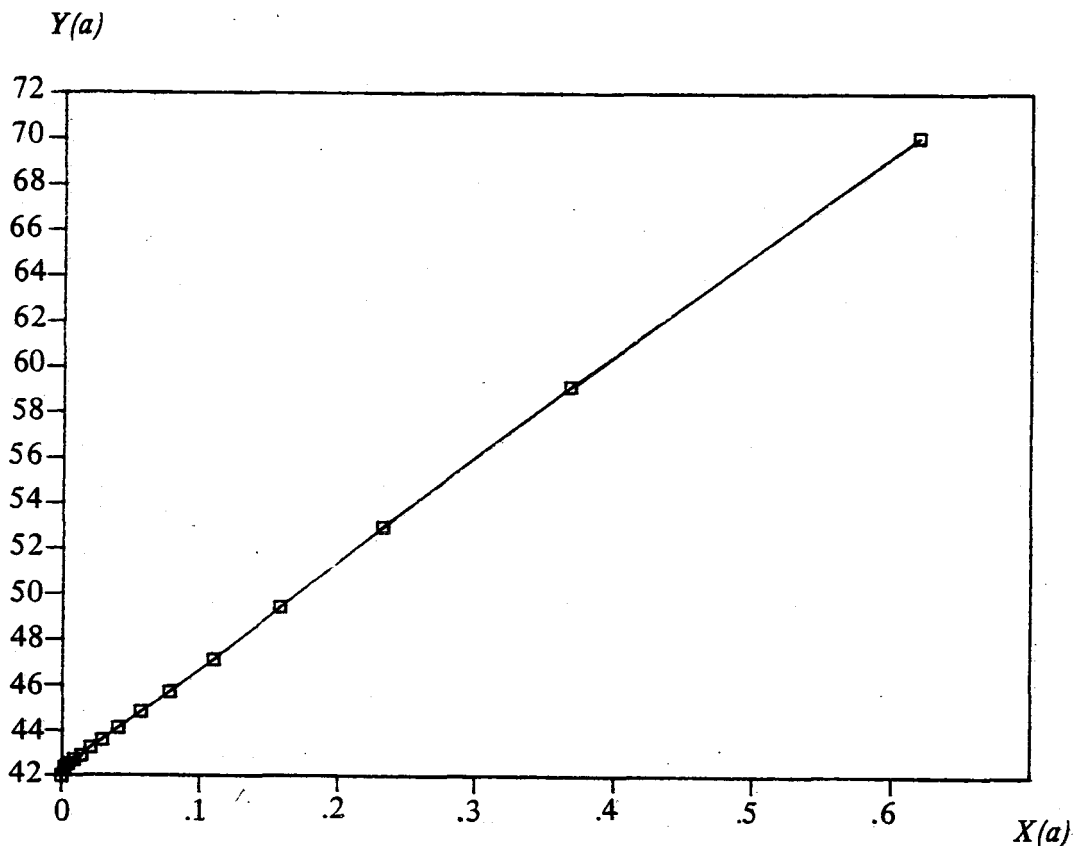
Estos resultados son satisfactorios, aun cuando no parece muy apropiado imponer una tendencia lineal a los puntos observados.

Si se modifica el procedimiento de calcular $c(a)$, utilizando tasas de cambio observadas según grupos de edad, de una misma cohorte, en dos momentos distintos, la linealidad de la relación establecida por Preston surge clara, tal como puede verse en el gráfico 10, basado en información contenida en el cuadro 8.

Las estimaciones de la tasa de natalidad mejoran. Son ahora 23.65 y 23.67, frente al valor verdadero de 23.65; en tanto que la estimación de la mortalidad (esperanza de vida a los 5 años), varía muy poco —de 69.46 a 69.51— algo así como medio año por debajo del valor verdadero, 70.05. No ha habido un mejoramiento sen-

Gráfico 10

PRESTON. POBLACION PROYECTADA (SIN ERRORES)
LA $c(a)$ IMPLICITA EN LA $Y(a)$, SE COMPUTA COMO
LO INDICA EL CUADRO 8



Fuente: Cuadros 7 y 8.

sible en la estimación, a pesar de que la proximidad de los dos (las diferencias entre ellas es $69.51-69.46=.05$ ahora, en oposición a $69.70-69.17=.73$ antes) constituye una indicación de que son más estables.

Podemos concluir: el refinamiento introducido en el cálculo de $c(a)$ tiene un efecto importante en la distribución de los puntos observados, los que ahora se aproximan estrechamente a la tendencia lineal esperada.

CAPITULO II

Iniciamos este capítulo examinando el efecto, en la serie de valores de K , de cinco desviaciones de la situación artificial —una proyección de población cerrada— considerada hasta aquí (capítu-

Cuadro 8
PRESTON. POBLACION PROYECTADA (SIN ERRORES)

El cálculo de la población media se basa en:

a) la media geométrica de un grupo, por ej.: ${}_5\bar{N}_{10} = \sqrt[5]{N_5^0 \cdot N_{15}^{10}}$

b) las tasas de cambio por grupos de edades en cohortes, por ej.: ${}_5\bar{N}_{15} = \bar{N}_{10} e^{5 \cdot \bar{r}(10-14, 15-19)}$

Edad	Tasas de crecimiento			Población Media (4)	C(a+5) (5)	Y(a) (6)	σ(x) Estandar (7)
	Inicial (1)	Final (2)	Media (3)				
0-4	-0,05503	-0,15320	-0,11779	1356651	0,01990	42,0456	100000
5-9	-0,03559	-0,11283	-0,05271	1205905	0,01825	42,3704	95109
10-14	-0,04217	-0,05049	-0,03664	1143988	0,01745	42,5652	94860
15-19	-0,09364	-0,03772	-0,04352	1102831	0,01676	42,7318	94643
20-24	-0,11078	-0,04490	-0,09500	1055869	0,01566	42,9146	94259
25-29	-0,06926	-0,09639	-0,11265	960175	0,01412	43,1852	93765
30-34	-0,02073	-0,11456	-0,07201	857878	0,01286	43,6091	93149
35-39	-0,02282	-0,07488	-0,02431	798271	0,01225	44,1450	92391
40-44	-0,09854	-0,02850	-0,02795	779102	0,01193	44,8411	91362
45-49	-0,13213	-0,03423	-0,10672	757629	0,01117	45,7689	90030
50-54	-0,10926	-0,11557	-0,14515	680942	0,00986	47,1712	88221
55-59	-0,17406	-0,15944	-0,13094	588945	0,00859	49,4484	85703
60-64	-0,25835	-0,15692	-0,21063	516662	0,00726	52,9644	82206
65-69	-0,33459	-0,25490	-0,32087	418533	0,00561	59,0629	77161
70-74	-0,46083	-0,39851	-0,41555	303655	0,00391	70,0219	69573
75-79	-0,88625	-0,86128	-0,85138	200404			58765
80 y +				149236			43933
TOTAL				12876677			

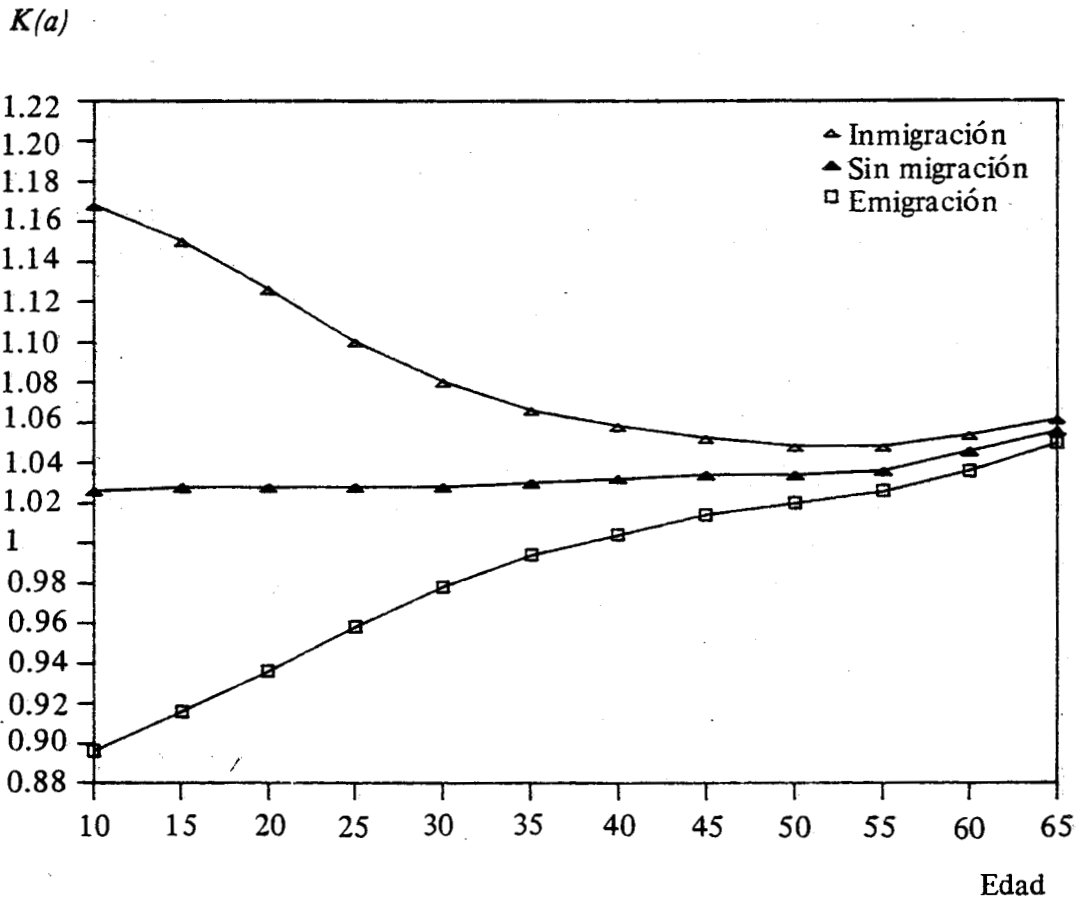
Estimación de P_{15} : 95 109

(3) Tasas de crecimiento intercensales

(6) $Y(a) = Y \cdot Y(a)$; $C(a)$; $Y \cdot Y(a)$ se toma del cuadro 7, columna 6.

Gráfico 11

BENNETT-HORIUCHI. POBLACION PROYECTADA (SIN ERRORES)
VALORES DE $K(a)$ CON Y SIN MIGRACION



lo I). El valor de K se define como el cociente entre N —calculado conforme con la relación dada por *Bennett-Horiuchi*— y \bar{N} el valor “observado”.

Los primeros análisis se hacen con $K(a)$, no ${}_sK_a$, porque se mostró que el valor esperado en condiciones ideales —esto es, en una población con información libre de errores— $K(a)$ proporcionaba valores más próximos a 1 (el valor teórico esperado en tales condiciones) que ${}_sK_a$.

Consideramos primero el efecto de la *inmigración*. El gráfico 11 muestra el resultado: una serie de valores $K(a)$, mayores que 1, que bajan con la edad. Corresponde el máximo al punto inicial (edad 10 en el gráfico). La inmigración afecta tanto al numerador como al denominador. Al primero, porque en su cálculo intervienen tasas de crecimiento intercensal mayores que antes y también por-

que el número de muertes registradas aumenta por el efecto de la inmigración; al denominador, porque la inmigración aumenta la población media. El efecto en el primer término, sin embargo, es claramente mayor que en el segundo, lo que determina que el cociente de las dos cantidades exceda el valor 1. El número y distribución por edades de los migrantes se tomaron de una población real: la estimación de inmigración neta a la Argentina en la década de los años 50.

El efecto de la *emigración*, que se supone de igual magnitud que la inmigración pero con signo negativo es, como podría haberse anticipado, contrario al de la situación examinada antes: los cocientes $K(a)$ caen por debajo de los obtenidos cuando se consideró el caso de la población sin migración —que se representa también en el gráfico 11— y marcan una tendencia creciente con la edad.

Las tres curvas representadas en el gráfico 11 están próximas entre sí en el tramo de edades avanzadas, digamos, por encima de los 60 años, pero siguen tendencias divergentes a medida que se consideran edades más y más jóvenes. En los grupos de edades jóvenes, en los 15 y 35 años, afectados particularmente por la migración, se acentúan las desviaciones entre las curvas.

Los cuadros 9, 10 y 11 muestran la información básica y los resultados de la elaboración que se presenta en el gráfico 11.

Se estudió, a continuación, el efecto en el cociente ${}_s K_a$ de un 20 por ciento de omisión en el registro de muertes. El ejercicio se hizo comparando valores ${}_s K_a$, y no $K(a)$. Se contaba ya con aquellos y se consideró innecesario realizar los cálculos para obtener $K(a)$. La población media fue calculada como el promedio geométrico de la población en un mismo grupo de edades en los dos censos. Se consideró que los valores de ${}_s \bar{N}_a$ así calculados, eran lo suficientemente exactos para el propósito de detectar una sistemática omisión en el registro de muertes.

El gráfico 12 presenta los resultados obtenidos al suponer varios errores, no solamente el de un 20 por ciento de omisión en el registro de las muertes. La línea que muestra los valores de ${}_s K_a$ afectados por el supuesto de omisión en el registro de muertes toma valores que varían suavemente con la edad, oscilando entre .81 y .83 (véase el cuadro 13). La línea que representa resultados obtenidos en el caso de una población no afectada por errores toma, en general, valores entre 1.02 y 1.04 (véase el cuadro 12), es decir, la dife-

Cuadro 9
BENNETT-HORIUCHI. POBLACION PROYECTADA
(Sin migración)

Edad	Población		Defunciones (3)	R(a) (4)	Población media			Población estimada			K(a)	
	Inicial (1)	Final (2)			$s\bar{N}_a$ (5)	$\bar{N}(a)$ (6)	\bar{N}_a (7)	$s\bar{N}_a$ (8)	quin (9)	densi (10)		
0-4	1212126	1565520	14606	0,02562		312968	1432689					
5-9	1147229	1343144	639	0,01579	1205964	261640	1256318	1,04175				
10-14	1107115	1199833	525	0,00805	1143988	234995	1180570	1,03198			1,02626	
15-19	1061397	1140756	898	0,00722	1102814	224680	1132820	1,02721			1,02872	
20-24	966519	1098529	1095	0,01282	1055830	215864	1072729	1,01601			1,02868	
25-29	865165	1050292	1262	0,01942	960130	201596	984227	1,02510			1,02783	
30-34	807272	953784	1418	0,01670	857824	181795	892731	1,04069			1,02772	
35-39	790712	850545	1812	0,00730	798177	165600	170507	1,04318			1,02963	
40-44	72872	789185	2295	0,00209	778770	157695	803085	1,03122			1,03119	
45-49	700343	767009	3029	0,00911	756869	153564	767864	1,01453			1,03304	
50-54	613660	741198	3937	0,01891	680029	143690	699302	1,02834			1,03429	
55-59	550142	660305	4974	0,01828	587778	126781	615803	1,04768			1,03687	
60-64	462256	562988	6529	0,01974	514531	110231	532367	1,03466			1,04528	
65-69	357013	481226	8698	0,02990	415208	92974	434378	1,04617			1,05598	
70-74	255491	372949	10484	0,03788		76475	322213					
75 y +	274163	433627	35914	0,04591		53744						
TOTAL	11943475	14010888	98113	0,01599								

Esperanza de vida a la edad 75: 9.21
(4) Tasas de crecimiento intercensales
(5) Promedio geométrico de cohorte

Cuadro 10
BENNETT HORIUCHI. POBLACION PROYECTADA
 (Con inmigración)

Edad	Población		Defuncio- nes (3)	(R/a) (4)	Población media			Población estimada		$K(a)$	
	Inicial (1)	Final (2)			$\bar{N}(a)$ (6)	$\bar{N}^s(a)$ (5)	$\bar{N}(a)$ (7)	$\bar{N}^s(a)$ (8)	quin (9)	densi (10)	
0-4	1212126	1635386	15000	0,02999			372576	1693057			
5-9	1147229	1386698	647	0,01898	1217711		306776	1461742	1,20040		
10-14	1107115	1223321	532	0,00999	1163783	238149	278380	1356373	1,16549		1,16893
15-19	1061397	1180575	919	0,01066	1133043	229683	264291	1284591	1,13375		1,15068
20-24	966519	1159579	1125	0,01824	1083301	221634	249684	1190420	1,09888		1,12656
25-29	865165	1105658	1291	0,02456	977984	206129	226849	1064199	1,08816		1,10052
30-34	807272	989585	1442	0,02039	869114	184710	199419	944403	1,08663		1,07964
35-39	790712	873082	1833	0,00992	806008	167512	178720	867240	1,07597		1,06691
40-44	772872	804746	2314	0,00405	784315	159032	168281	827168	1,05464		1,05815
45-49	700343	777970	3047	0,01053	760335	154465	162619	784490	1,03177		1,05279
50-54	613660	748002	3953	0,01982	682218	144255	151313	710512	1,04147		1,04893
55-59	550142	664563	4989	0,01892	589428	127165	133273	623452	1,05772		1,04804
60-64	462256	566153	6546	0,02030	515716	110514	116484	537575	1,04239		1,05402
65-69	357013	483444	8717	0,03036	416007	93172	99018	437722	1,05220		1,06274
70-74	255491	374386	10506	0,03826			76993				
75 y +	274163	435311	35992	0,04630			54039				
TOTAL	11943475	14408459	98853	0,01879							

Esperanza de vida a la edad 75: 9.21

(3) Medias anuales

(4) Tasas de crecimiento intercensales

(5) Promedio geométrico de cohorte

Cuadro 11
BENNETT-HORIUCHI. POBLACION PROYECTADA
 (Con emigración)

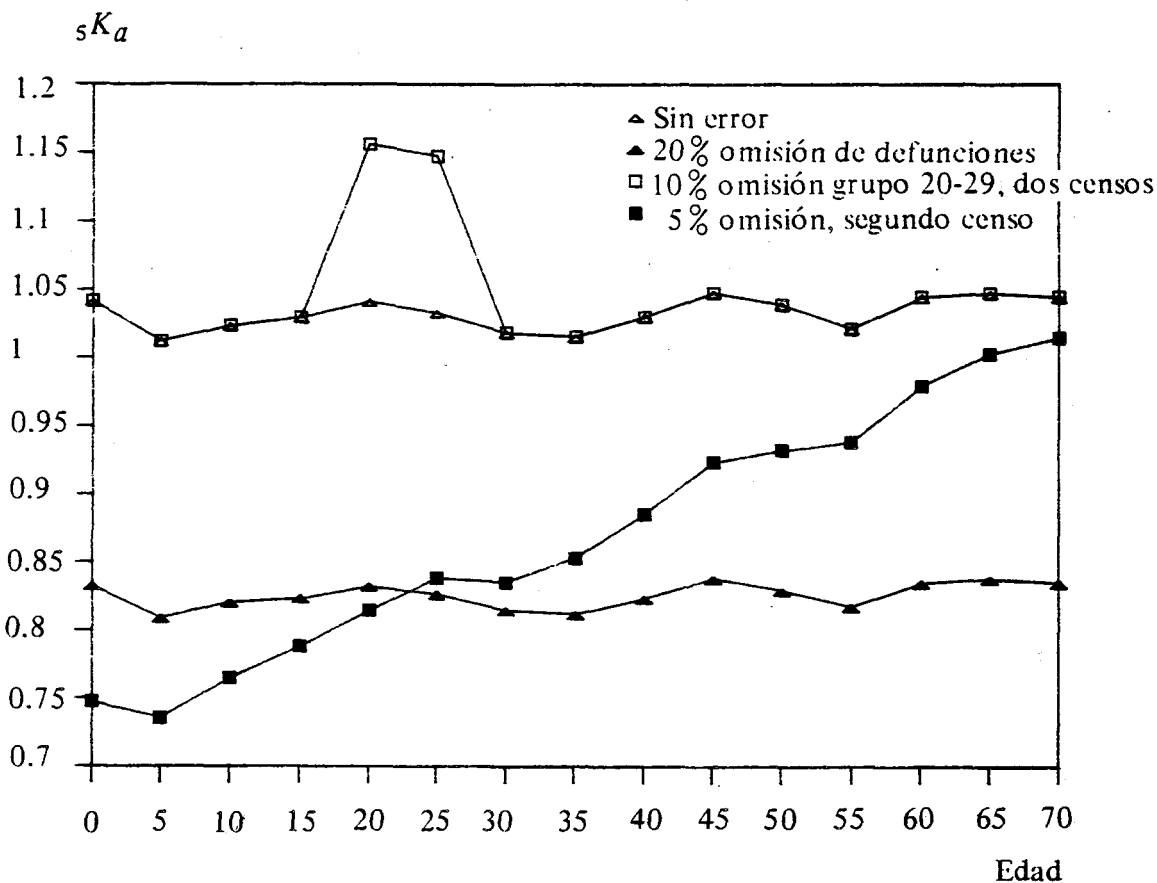
Edad	Población		Defunciones (3)	R(a) (4)	Población media			Población estimada			K(a)	
	Inicial (1)	Final (2)			$s\bar{N}_a$ (5)	$\bar{N}(a)$ (6)	$\dot{N}(a)$ (7)	$s\dot{N}_a$ (8)	quin (9)	densi (10)		
0-4	1212126	1495654	14211	0,02105		261545	1205996					
5-9	1147229	1299589	631	0,01249	1194101	221937	1074191	0,89958				
10-14	1107115	1176345	518	0,00607	1123845	207893	1022551	0,90987				0,89688
15-19	1061397	1100938	878	0,00366	1071732	201164	994479	0,92792				0,91623
20-24	966519	1037479	1065	0,00709	1027624	196644	963336	0,93744				0,93669
25-29	865165	994926	1232	0,01399	941938	188744	908414	0,96441				0,95831
30-34	807272	917982	1395	0,01287	846383	174800	843017	0,99602				0,97745
35-39	790712	828008	1791	0,00462	790269	162555	799002	1,01105				0,99322
40-44	772872	773624	2276	0,00010	773186	157077	779491	1,00815				1,00468
45-49	700343	756048	3011	0,00766	753387	154725	751487	0,99748				1,01355
50-54	613660	734394	3921	0,01799	677834	143122	688218	1,01532				1,01979
55-59	550142	656048	4958	0,01763	586124	129654	608219	1,03770				1,02578
60-64	462256	559823	6511	0,01918	513344	109947	527192	1,02698				1,03659
65-69	357013	479007	8678	0,02943	414407	92775	431048	1,04016				1,04924
70-74	255491	371511	10462	0,03749								
75 y +	274163	431941	35836	0,04552								
TOTAL	11943475	13613317	97373	0,01310								

Esperanza de vida a la edad 75 : 9.21

- (3) Medias anuales
- (4) Tasas de crecimiento intercensales
- (5) Promedio geométrico de cohorte

Gráfico 12

BENNETT-HORIUCHI. VALORES DE ${}_5K_a$ EN LA POBLACION PROYECTADA (SIN ERRORES) Y EN POBLACIONES CON DIFERENTES TIPOS DE ERROR.



rencia entre ambas series de valores está muy cerca del valor esperado, esto es, .20. En otras palabras, la fórmula de *Bennett-Horiuchi* ha detectado, con precisión satisfactoria, la omisión supuesta en el registro de muertes.

A continuación, se supuso un 10 por ciento de omisión, en ambos censos en los grupos de edades 20-24 y 25-29. El conjunto de tasas de crecimiento intercensal por edad no es afectado por este error y, consecuentemente, los valores de ${}_5\hat{N}_a$ permanecen inalterados. Sólo ${}_5\bar{N}_{20}$ y ${}_5\bar{N}_{25}$ se reducen por este error. El gráfico 12 muestra los resultados, que se presentan en el cuadro 14. Puede observarse que ${}_5K_a$ toma valores de 1.157 y de 1.147 en lugar de 1.041 y 1.033 (véase el cuadro 12), que correspondían al caso de información sin errores. Las diferencias (0.116 y 0.114, para los grupos de edades 20-24 y 25-29, respectivamente), son próximas al valor esperado: 0.10. Nuevamente, la fórmula examinada ha detectado satisfactoriamente el error supuesto.

Cuadro No. 12
BENNETT-HORIUCHI. POBLACION PROYECTADA
(Sin errores)

Edad	Población Media		R(a) (3)	Población Media (4)	Defunciones (5)	N(a) (6)	Población Estimada (7)	sKa (8)
	Inicial (1)	Final (2)						
0-4	1212126	1565520	0,02562	1377537	14606	312968	1432689	1,04004
5-9	1147229	1343144	0,01579	1241327	639	261640	1256318	1,01208
10-14	1107115	1199833	0,00805	1152542	525	241166	1180570	1,02432
15-19	1061397	1140756	0,00722	1100361	898	231133	1132820	1,02950
20-24	966519	1098529	0,01282	1030412	1095	222055	1072729	1,04107
25-29	865165	1050292	0,01942	953245	1262	207207	984227	1,03250
30-34	807272	953784	0,01670	877475	1418	186835	892731	1,01739
35-39	790712	850545	0,00730	820083	1812	170507	832642	1,01531
40-44	772872	789185	0,00209	780986	2295	162613	803085	1,02830
45-49	700343	767009	0,00911	732918	3029	158638	767864	1,04768
50-54	613660	741198	0,01891	674421	3937	148617	699302	1,03689
55-59	550142	660305	0,01828	602712	4974	131455	615803	1,02172
60-64	462256	562988	0,01974	510142	6529	115223	532367	1,04357
65-69	357013	481226	0,02990	414492	8698	98179	434378	1,04797
70-74	255491	372949	0,03788	308683	10484	76475	322213	1,04383
75 y +	274163	433627	0,04591	344796	35914	53744		
TOTAL	11943475	14010888	0,01599	12922133	98113			

Esperanza de vida a la edad 75:9.21
(3) Tasas de crecimiento intercensales

Cuadro 13
 BENNETT-HORIUCHI. POBLACION PROYECTADA
 (20% de omisión en el registro de las muertes)

Edad	Poblaciones		$R(a)$ (3)	Población Media (4)	Defunciones (5)	$\hat{N}(a)$ (6)	Población Estimada (7)	${}_5K_a$ (8)
	Inicial (1)	Final (2)						
0- 4	1212126	1565520	0,02562	1377537	11684	250374	1146151	0,83203
5- 9	1147229	1343144	0,01579	1241327	511	209312	1005055	0,80966
10-14	1107115	1199833	0,00805	1152542	420	192933	944456	0,81945
15-19	1061397	1140756	0,00722	1100361	719	184907	906256	0,82360
20-24	966519	1098529	0,01282	1030412	876	177644	858183	0,83285
25-29	865165	1050292	0,01942	953245	1009	165766	787381	0,82600
30-34	807272	953784	0,01670	877475	1135	149468	714185	0,81391
35-39	790712	850545	0,00730	820083	1450	136405	666114	0,81225
40-44	772872	789185	0,00209	780986	1836	130090	642468	0,82264
45-49	700343	767009	0,00911	732918	2423	126910	614291	0,83814
50-54	613660	741198	0,01891	674421	3149	118893	559441	0,82951
55-59	550142	660305	0,01828	602712	3979	105164	492642	0,81738
60-64	462256	562988	0,01974	510142	5223	92178	425894	0,83485
65-69	357013	481226	0,02990	414492	6958	78543	347502	0,83838
70-74	255491	372949	0,03788	308683	8387	61180	257770	0,83506
75 y +	274163	433627	0,04591	344796	28731	42995		
TOTAL	11943475	14010888	0,01599	12922133	78491			

Esperanza de vida a la edad 75: 9.21
 (3) Tasas de crecimiento intercensales

Cuadro 14
BENNETT-HORIUCHI. POBLACION PROYECTADA
 (10% de omisión en grupo 20-29, en ambos censos)

Edad	Poblaciones		$R(a)$ (3)	Población Media (4)	Defunciones (5)	$\hat{N}(a)$ (6)	Población Estimada (7)	${}_s K_a$ (8)
	Inicial (1)	Final (2)						
0- 4	1212126	1565520	0,02562	1377537	14606	312968	1432689	1,04004
5- 9	1147229	1343144	0,01579	1241327	639	261640	1256418	1,01208
10-14	1107115	1199833	0,00805	1152542	525	241166	1180570	1,02432
15-19	1061397	1140756	0,00722	1100361	898	231133	1132820	1,02950
20-24	869867	988676	0,01282	927371	1095	222055	1072729	1,15674
25-29	778649	945263	0,01942	857920	1262	207207	984227	1,14722
30-34	807272	953784	0,01670	877475	1418	186835	892731	1,01739
35-39	790712	850545	0,00730	820083	1812	170507	832642	1,01531
40-44	772872	789185	0,00209	780986	2295	162613	803085	1,02830
45-49	700343	767009	0,00911	732918	3029	158638	767864	1,04768
50-54	613660	741198	0,01891	674421	3937	148617	699302	1,03689
55-59	550142	660305	0,01828	602712	4974	131455	615803	1,02172
60-64	462256	562988	0,01974	510142	6529	115223	532367	1,04357
65-69	357013	481226	0,02990	414492	8698	98179	434378	1,04797
70-74	255491	372949	0,03788	308633	10484	76475	322213	1,04383
75 y +	274163	433627	0,04591	344796	35914	54744		
TOTAL	11760306	13796007	0,01599	12723768	98113			

Esperanza de vida a la edad 75: 9.21

(3) Tasas de crecimiento intercensales.

Cuadro 15
BENNETT-HORIUCHI. POBLACION PROYECTADA
 (5% de omisión en el segundo censo)

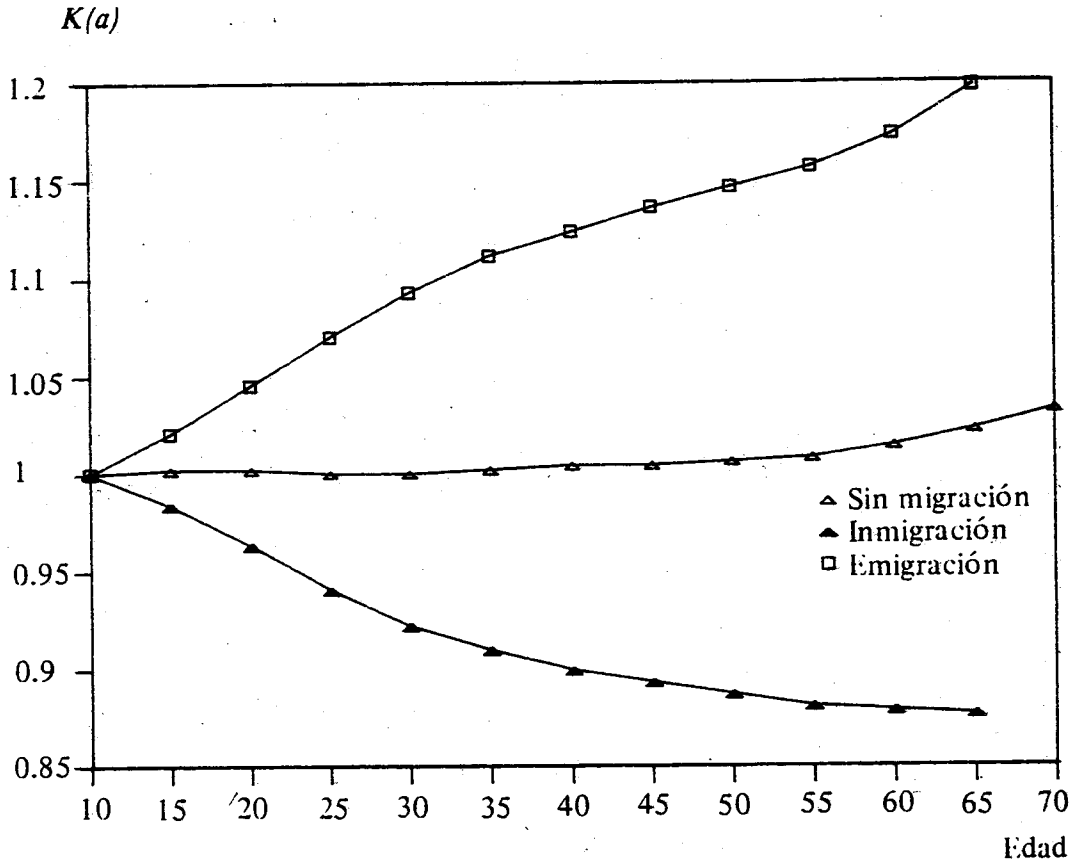
Edad	Poblaciones		$R(a)$ (3)	Población		$\hat{N}(a)$ (6)	Población Estimada (7)	${}_5K_a$ (8)
	Inicial (1)	Final (2)		Media (4)	Defunciones (5)			
0- 4	1212126	1487244	0,02048	1342657	14606	218399	1001589	0,74598
5- 9	1147229	1275987	0,01065	1209896	639	183263	890757	0,73623
10-14	1107115	1139841	0,00292	1123359	525	173136	858087	0,76886
15-19	1061397	1083718	0,00208	1072500	898	170108	843880	0,78683
20-24	966519	1043603	0,00768	1004322	1095	167451	818651	0,81513
25-29	865165	997777	0,01428	929108	1262	160065	769300	0,82800
30-34	807272	906095	0,01156	855257	1418	147817	714607	0,83555
35-39	790712	808018	0,00217	799318	1812	138135	682412	0,85374
40-44	772872	749726	-0,00304	761211	2295	134843	673607	0,88491
45-49	700343	728659	0,00397	714360	3029	134599	658786	0,92220
50-54	613660	704138	0,01377	657344	3937	128955	613295	0,93299
55-59	550142	627290	0,01314	587451	4974	116571	551725	0,93919
60-64	462256	534839	0,01460	497225	6529	104345	486822	0,97908
65-69	357013	457165	0,02476	403997	8698	90702	404862	1,00214
70-74	255491	354202	0,03274	300867	10484	71964	305637	1,01585
75 y +	274163	411946	0,04077	336066	35914	51437		
TOTAL	11943475	13310346	0,01085	12594938	98113			

Esperanza de vida a las edad 75: 9.21

(3) Tasas de crecimiento intercensales.

Gráfico 13

PRESTON-COALE. POBLACION PROYECTADA (SIN ERRORES)
VALORES DE $K(a)$ CON Y SIN MIGRACION



Finalmente, se supuso que el *segundo censo estaba afectado por una omisión del 5 por ciento*. El cuadro 15 muestra el efecto en ${}_5K_a$ de tal error: afecta tanto al numerador como al denominador produciendo un efecto similar al de la emigración, ya examinado.

No se investigó el efecto de un error contrario, esto es, una omisión en el primer censo. Tal efecto debe ser semejante al producido por la inmigración, razón por la que pareció innecesario efectuar los cálculos para ilustrarlo.

En conclusión, los gráficos 11 y 12 deberán tenerse presentes cuando se examine la aplicación de la fórmula de *Bennett-Horiuchi* a la información proveniente de una población real. Ellos ilustran, esquemáticamente, los errores de censos y registros de muertes más frecuentes.

Cuadro 16
 PRESTON-COALE. POBLACION PROYECTADA
 (Sin migración)

Edad	Población		$R(a)$ (3)	Población Media (4)	Densidad Media (5)	Defuncio- nes (6)	$\hat{N}(a)$ (7)	Población Estimada (8)	${}_5K_a$ (9)	$K(a)$ (10)
	Inicial (1)	Final (2)								
0- 4	1212126	1565520	0,02562			14606	305378	1397061		
5- 9	1147229	1343144	0,01579	1205964		639	254962	1224215	1,01513	
10-14	1107115	1199833	0,00805	1143988	234995	525	234995	1150330	1,00554	1,00000
15-19	1061397	1140756	0,00722	1102814	224680	898	225206	1103714	1,00082	1,00234
20-24	966519	1098529	0,01282	1055830	215864	1095	216339	1045041	0,98978	1,00220
25-29	865165	1050292	0,01942	960130	201596	1262	201845	958677	0,99849	1,00124
30-34	807272	953784	0,01670	857824	181795	1418	181969	869390	1,01348	1,00095
35-39	790712	850545	0,00730	798177	165600	1812	166031	810666	1,01565	1,00260
40-44	772872	789185	0,00209	778770	157695	2295	158297	781620	1,00366	1,00382
45-49	700343	767009	0,00911	756869	153564	3029	154367	746989	0,98695	1,00523
50-54	613660	741198	0,01891	680029	143690	3937	144536	679832	0,09971	1,00589
55-59	550142	660305	0,01828	587778	126781	4974	127743	598061	1,01749	1,00759
60-64	462256	562988	0,01974	514531	110231	6529	111835	516230	1,00330	1,01455
65-69	357013	481226	0,02990	415208	92974	8698	95109	420109	1,01180	1,02296
70-74	255491	372949	0,03788	298972	71418	10484	73832	310144	1,03737	1,03379
75-79	161153	250367	0,04412			11771	51556	201482		
80 y +	113010	183260	0,04841			24143	30809			
TOTAL	11943475	14010888	0,01599							

(3) Tasas de crecimiento intercensales

(6) Medias anuales

(7) Densidad de partida para el cálculo: $N(10)$

Cuadro 17
PRESTON-COALE, POBLACION PROYECTADA
(Con inmigración)

Edad	Población		R(a) (3)	Población Media		Defunciones (6)	N̄(a) (7)	Población estimada (8)	sKa (9)	K(a) (10)
	Inicial (1)	Final (2)		Media (4)	Densidad Media (5)					
0-4	1212126	1635386	0,02999		15000	321183	1454385			
5-9	1147229	1386698	0,01898	1217711	647	262540	1250733	1,02712		
10-14	1107115	1223321	0,00999	1163783	532	238149	1160164	0,99689	1,00000	
15-19	1061397	1180575	0,01066	1133043	919	226022	1098252	0,96929	0,98406	
20-24	966519	1159579	0,01824	1083301	1125	213400	1017026	0,93882	0,96285	
25-29	865165	1105658	0,02456	977984	1291	193727	908355	0,92880	0,93984	
30-34	807272	989585	0,02039	869114	1442	170125	805151	0,92640	0,92104	
35-39	790712	873082	0,00992	806008	1833	152265	738193	0,91586	0,90898	
40-44	772872	804746	0,00405	784315	2314	143107	702560	0,89576	0,89986	
45-49	700343	777970	0,01053	760335	3047	137949	664326	0,87373	0,89308	
50-54	613660	748002	0,01982	682218	3953	127908	599091	0,87815	0,88668	
55-59	550142	664563	0,01892	589428	4989	112077	522312	0,88613	0,88135	
60-64	462256	566153	0,02030	515716	6546	97201	445857	0,86454	0,87953	
65-69	357013	483444	0,03036	416007	8717	81597	356820	0,85773	0,87576	
70-74	255491	374386	0,03826		10506	62025	255894			
75 y +	274163	435311	0,04630		35992	41677				
TOTAL	11943475	14408459	0,01879							

(3) Tasas de crecimiento intercensales

(6) Medias anuales

(7) Densidad de partida para el cálculo: N(10)

Cuadro 18
PRESTON-COALE. POBLACION PROYECTADA
(Con emigración)

Edad	Población		$R(a)$ (3)	Población Media (4)	Densidad Media (5)	Defuncio- nes (6)	$\hat{N}(a)$ (7)	Población Estimada (8)	${}_s K_a$ (9)	$K(a)$ (10)
	Inicial (1)	Final (2)								
0- 4	1212126	1495654	0,02105			14211	289810	1340174		
5- 9	1147229	1299589	0,01249	1194101		631	247379	1197511	1,00285	
10-14	1107115	1176345	0,00607	1123845	231795	518	231795	1140264	1,01461	1,00000
15-19	1061397	1100938	0,00366	1071732	219558	878	224351	1109358	1,03511	1,02183
20-24	966519	1037479	0,00709	1027624	209936	1065	219410	1075172	1,04627	1,04513
25-29	865165	994926	0,01399	941938	196956	1232	210717	1014523	1,07706	1,06987
30-34	807272	917982	0,01287	846383	178832	1395	195288	942231	1,11324	1,09202
35-39	790712	828008	0,00462	790269	163665	1791	181766	893958	1,13121	1,11060
40-44	772872	773624	0,00010	773186	156345	2276	175850	873333	1,12953	1,12475
45-49	700343	756048	0,00766	753387	152657	3011	173489	843533	1,11965	1,13646
50-54	613660	734394	0,01799	677834	143122	3921	164013	774573	1,14272	1,14596
55-59	550142	656048	0,01763	586124	126396	4958	146159	687222	1,17249	1,15636
60-64	462256	559823	0,01918	513344	109947	6511	129083	599266	1,16738	1,17405
65-69	357013	479007	0,02943	414407	92775	8678	111074	494936	1,19432	1,19724
70-74	255491	371511	0,03749			10462	87811	374369		
75 y +	274163	431941	0,04552			35836	63275			
TOTAL	11943475	13613317	0,01310							

(3) Tasas de crecimiento intercensales

(6) Medias anuales

(7) Densidad de partida para el cálculo: $N(10)$

Pasamos ahora a considerar cómo se reflejan los mismos desvíos de la situación artificial en los valores de K , cuando se trabaja con la relación de *Preston-Coale*.

El gráfico 13, que representa valores que aparecen en los cuadros 16, 17 y 18, muestra *el efecto en $K(a)$ de inmigración y emigración, separadamente*. Se presenta también, a fin de facilitar las comparaciones, la serie de $K(a)$ que resultan en la población proyectada, sin migración.

Los resultados son similares a los obtenidos cuando se hizo el mismo ejercicio aplicando la fórmula propuesta por *Bennett-Horiuchi* (gráfico 11): los valores de $K(a)$, muestran una tendencia creciente con la edad cuando hay emigración y una decreciente cuando existe inmigración.

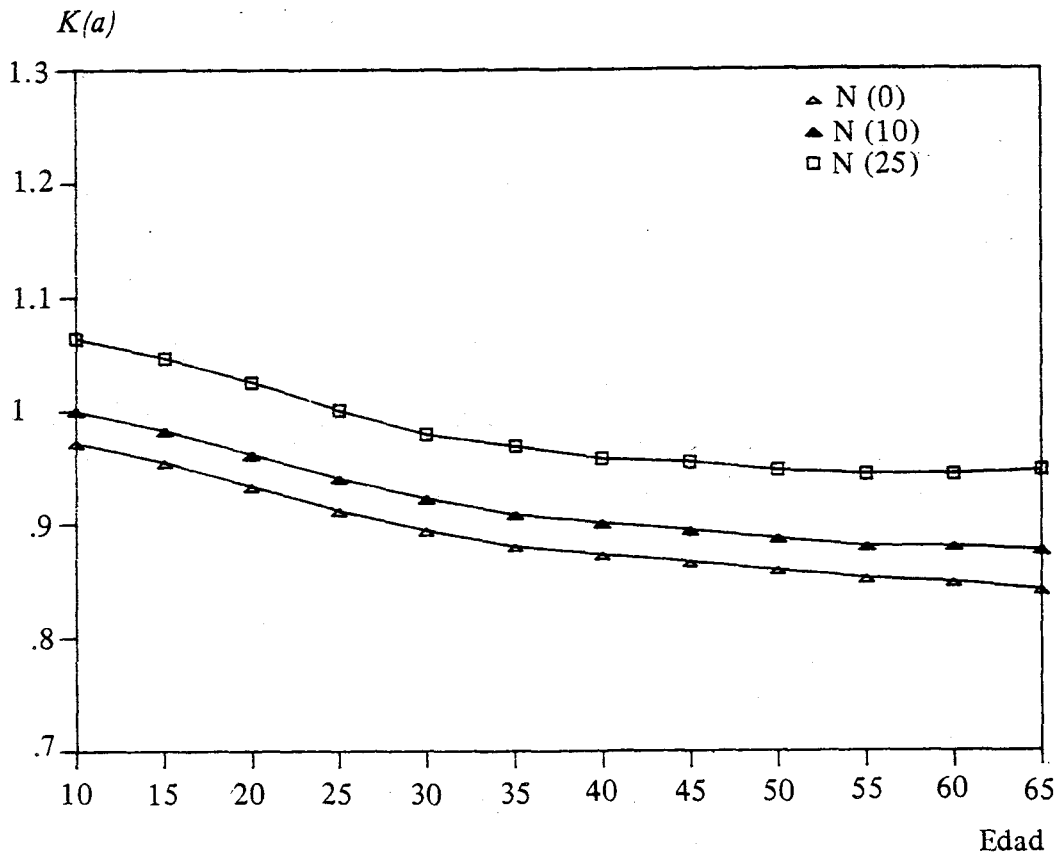
El efecto de la inmigración es nulo en el punto inicial del análisis (edad 10) y toma importancia a medida que la edad aumenta, especialmente en el tramo de edades jóvenes, donde la inmigración tiene la mayor incidencia. Las mayores tasas de crecimiento intercensal, debidas a la inmigración, producen valores relativamente menores de $\hat{N}(a)$, — comparados con mayores valores de $\bar{N}(a)$ — debido al signo negativo del exponente del factor que multiplica al valor inicial $\hat{N}(a)$ —en el ejemplo $\hat{N}(10)$ —. Como resultado surge la tendencia decreciente desde el valor inicial 1. Los valores $\hat{N}(a)$ son sistemáticamente menores que $\bar{N}(a)$. En este aspecto, el resultado contrasta con el obtenido cuando se examinó la aplicación de la fórmula de *Bennett-Horiuchi*. El valor $\hat{N}(a)$ excedía a $\bar{N}(a)$ en ese caso y la tendencia decreciente —la característica común mostrada por la aplicación de las dos fórmulas— se daba con valores mayores a 1.

Sería repetitivo hacer un examen similar en relación con el efecto de la *emigración*, por cuya razón basta señalar que los valores de $K(a)$, en ese caso, muestran una tendencia creciente con la edad y toman, a partir del punto inicial, valores mayores a 1.

Cuando se examinó la fórmula de *Preston-Coale* en el capítulo I se mostró que, en una población proyectada cerrada, era posible reducir grandemente la dispersión que se observaba entre diferentes curvas, provenientes cada una de ellas de una edad inicial diferente, con sólo calcular la población media, que interviene en la determinación de K_a ó $[K(a)]$, mediante una interpolación geométrica del número de individuos integrantes de una cohorte. Es interesante comprobar que cuando la migración afecta a una población esa dis-

Gráfico 14

PRESTON-COALE. POBLACION PROYECTADA (SIN ERRORES)
 $K(a)$ CON INMIGRACION, RESULTANTE DE TRES EDADES
 INICIALES DIFERENTES.



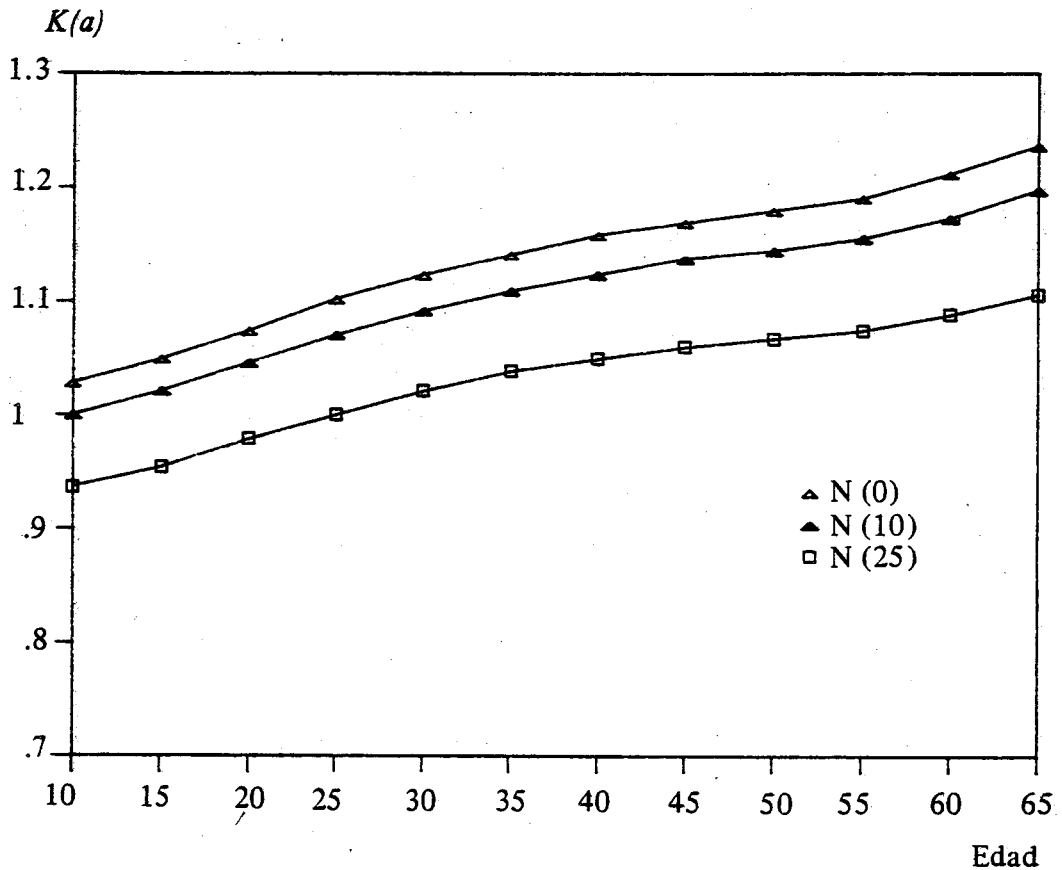
persión se presenta nuevamente, aun cuando los valores de K sean calculados por el procedimiento indicado. Los gráficos 14 (inmigración) y 15 (emigración) presentan los resultados comentados. En consecuencia, cuando se aplique la fórmula a datos reales, la presencia de series de valores dispersos, originados en distintas edades iniciales, puede ser interpretada como un indicio de que en tal población ha habido migración en el período intercensal.

Al igual que en el caso de la fórmula de *Bennett-Horiuchi*, se utilizará ${}_s K_a$, en lugar de $K(a)$, en el estudio del efecto de diferentes errores que pueden contener los datos que se analizan.

En el gráfico 16 se presentan los valores de ${}_s K_a$ que resultan en el caso de una proyección de una población cerrada (véase el cuadro 4), es decir, en el caso de no haber errores en los datos, y en cuatro diferentes situaciones: una omisión del 20 por ciento en el registro de muertes, una omisión del 10 por ciento en los dos censos en

Gráfico 15

PRESTON-COALE. POBLACION PROYECTADA (SIN ERRORES)
 $K(a)$ CON EMIGRACION, RESULTANTE DE TRES EDADES INICIALES
 DIFERENTES

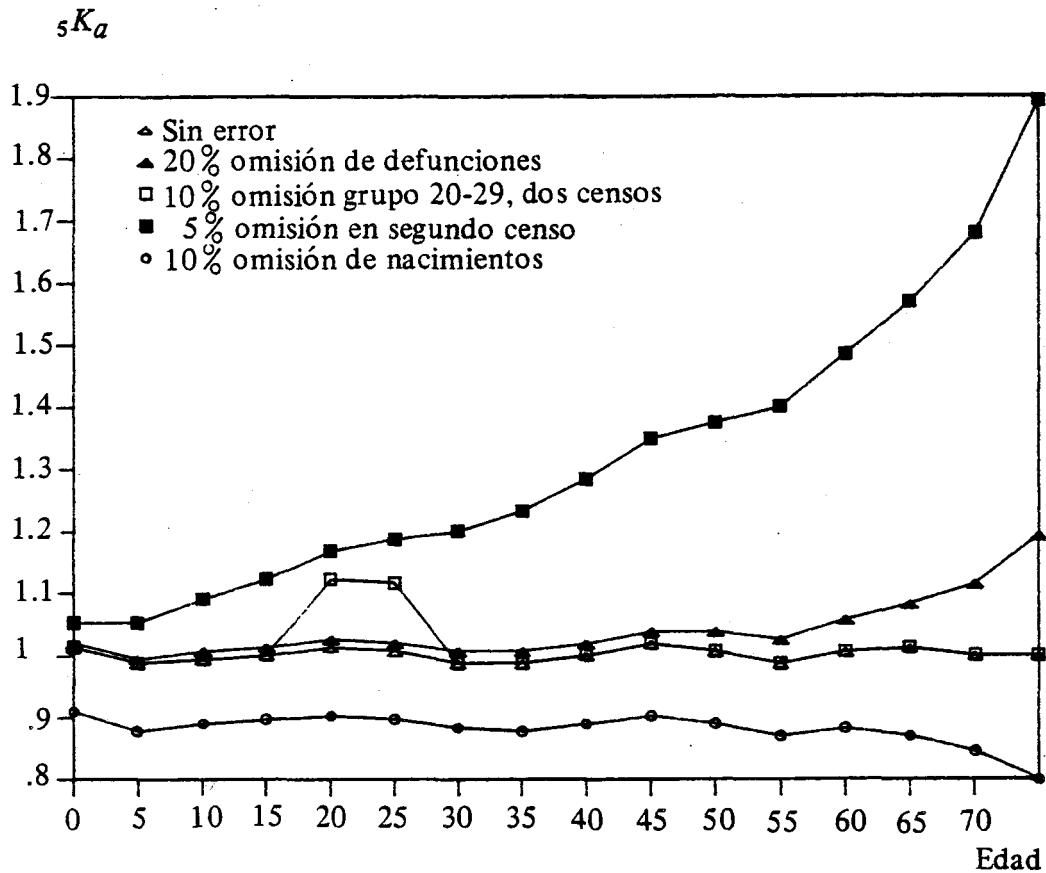


los grupos de edades 20-24 y 25-29, una omisión del 5 por ciento en el segundo censo y, finalmente, una omisión del 10 por ciento en el registro de nacimientos. Consideremos brevemente cada uno de esos casos.

Si la información está afectada por un 20 por ciento de omisión en el registro de las muertes (cuadro 19, con edad inicial 0) los valores de ${}_s K_a$ no reflejan esa situación. La fórmula de Preston-Coale tiene un término predominante en las primeras edades (esquemáticamente puede escribirse $N(0).e^{-r}$) que no es afectado por el número de muertes registradas y, consecuentemente, es invariable con el grado de subregistro. Sólo el último K observado, en el que el peso relativo del término mencionado es menor (que corresponde a ${}_s K_{75}$), toma el valor del 1.19, muy cercano al 1.20 esperado. En conclusión, una omisión en el registro de muertes se manifiesta en valores de K superiores a 1 y solamente cuando la edad considerada es muy avanzada, digamos por encima de los 75, puede dar una indicación del

Gráfico 16

PRESTON-COALE. VALORES DE ${}_5K_a$ EN LA POBLACION PROYECTADA (SIN ERRORES) Y EN POBLACIONES CON DIFERENTES TIPOS DE ERRORES.



grado de omisión. Esta fórmula, a diferencia de la considerada antes, no es adecuada para detectar y medir subregistro de muertes.

Si se ha producido una omisión del 10 por ciento en la enumeración de personas con edades 20-24 y 25-29 (cuadro 20) las tasas anuales de crecimiento intercensal y el número de muertes registradas no son afectados. En consecuencia, ${}_5\hat{N}_a$ no varía; el valor de ${}_5\bar{N}_a$ se reduce en 10 por ciento. El efecto en ${}_5K_a$ es claramente el esperado. (véase el gráfico 16).

Un 5 por ciento de omisión en el segundo censo (cuadro 21) produce un efecto similar al de emigración: valores de ${}_5K_a$ mayores a 1 y crecientes con la edad. Comparando ambos efectos más cuidadosamente, sin embargo, aparecen algunas diferencias que pueden ser generales y no propias del caso estudiado. El aumento de K debido a emigración es relativamente muy marcado en el tramo de edades más jóvenes —en el que la emigración se concentra generalmente— en tanto que es menos importante cuando se ha producido una omisión

Cuadro 19
PRESTON-COALE. POBLACION PROYECTADA
(20% de omisión en el registro de muertes)

Edad	Poblaciones		R(a) (3)	Población		Defunciones (5)	N(a) (6)	Población estimada (7)	K ^a (8)
	Inicial (1)	Final (2)		Media (4)	Media (4)				
0- 4	1212126	1565520	0,02562	1377537	11684	304856	1401880	1,01767	
5- 9	1147229	1343144	0,01579	1241327	511	257243	1235497	0,99530	
10-14	1107115	1199833	0,00805	1152542	420	237226	1161522	1,00779	
15-19	1061397	1140756	0,00722	1100361	719	227452	1115188	1,01347	
20-24	966519	1098529	0,01282	1030412	876	218681	1056928	1,02573	
25-29	865165	1050292	0,01942	953245	1009	204254	970778	1,01839	
30-34	807272	953784	0,01670	877475	1135	184395	881731	1,00485	
35-39	790712	850545	0,00730	820083	1450	168535	823864	1,00461	
40-44	772872	789185	0,00209	780986	1836	161067	796549	1,01993	
45-49	700343	767009	0,00911	732918	2423	157565	764133	1,04259	
50-54	613660	741198	0,01891	674421	3149	148184	699192	1,03673	
55-59	550142	660305	0,01828	602712	3979	131812	619991	1,02867	
60-64	462256	562988	0,01974	510142	5223	116499	541718	1,06190	
65-69	357013	481226	0,02990	414492	6958	100578	449904	1,08543	
70-74	255491	372949	0,03788	308683	8387	80155	344348	1,11554	
75-79	161153	250367	0,04412	200867	9416	58696	239870	1,19417	
80 y +	113010	183260	0,04841	143910	19315	38644			
TOTAL	11943475	14010888	0,01599	12922114	78491				

(3) Tasas de crecimiento intercensales
(5) Medias anuales
(6) Densidad de partida para el cálculo: $N(0)$

Cuadro 20
PRESTON COALE. POBLACION PROYECTADA
 (10% de omisión en el grupo 20-29, en ambos censos)

Edad	Poblaciones		$R(a)$ (3)	Población Media (4)	Defunciones (5)	$\hat{N}(a)$ (6)	Población Estimada (7)	${}_5K_a$ (8)
	Inicial (1)	Final (2)						
0- 4	1212126	1565520	0,02562	1377537	14606	304856	1394613	1,01240
5- 9	1147229	1343144	0,01579	1241327	639	254503	1222008	0,98444
10-14	1107115	1199883	0,00805	1152542	525	234571	1148252	0,99628
15-19	1061397	1140756	0,00722	1100361	898	224799	1101713	1,00123
20-24	869867	988676	0,01282	927371	1095	215946	1043138	1,12483
25-29	778649	945263	0,01942	857920	1262	201477	956921	1,11540
30-34	807272	953784	0,01670	877475	1418	181634	867786	0,98896
35-39	790712	850545	0,00730	820083	1812	165723	809155	0,98667
40-44	772872	789185	0,00209	780986	2295	158000	780145	0,99892
45-49	700343	767009	0,00911	732918	3029	154074	745554	1,01724
50-54	613660	741198	0,01891	674421	3937	144256	678494	1,00604
55-59	550142	660305	0,01828	602712	4974	127487	596842	0,99026
60-64	462256	562988	0,01974	510142	6529	111602	515121	1,00976
65-69	357013	481226	0,02990	414492	8698	94898	419128	1,01118
70-74	255491	372949	0,03788	308683	10484	73650	309314	1,00204
75-79	161153	250367	0,04412	200867	11771	51406	200803	0,99968
80 y +	113010	183260	0,04841	143910	24143	30689		
TOTAL	11760306	13796007	0,01599	12723748	98113			

(3) Tasas de crecimiento intercensales

(5) Medias anuales

(6) Densidad de partida para el cálculo: $N(0)$

Cuadro 21
PRESTON-COALE. POBLACION PROYECTADA
 (5% de omisión en el segundo censo)

Edad	Población		$R(a)$ (3)	Población Media (4)	Defunciones (5)	$\hat{N}(a)$ (6)	Población Estimada (7)	${}_5K_a$ (8)
	Inicial (1)	Final (2)						
0- 4	1212126	1487244	0,02048	1342657	14606	304856	1412602	1,05209
5- 9	1147229	1275987	0,01065	1209896	639	261303	1270751	1,05030
10-14	1107115	1139841	0,00292	1123359	525	247129	1225367	1,09081
15-19	1061397	1083718	0,00208	1072500	898	243029	1206595	1,12503
20-24	966519	1043603	0,00768	1004322	1095	239617	1172637	1,16759
25-29	865165	997777	0,01428	929108	1262	229511	1104423	1,18869
30-34	807272	906095	0,01156	855257	1418	212477	1028739	1,20284
35-39	790712	808018	0,00217	799318	1812	199162	985904	1,23343
40-44	772872	749726	-0,00304	761211	2295	195213	977768	1,28449
45-49	700343	728659	0,00397	714360	3029	195895	962251	1,34701
50-54	613660	704138	0,01377	657344	3937	189046	903655	1,37471
55-59	550142	627290	0,01314	587451	4974	172663	823202	1,40131
60-64	462256	534839	0,01460	497225	6529	156870	740151	1,48856
65-69	357013	457165	0,02476	403997	8698	139529	634627	1,57087
70-74	255491	354302	0,03274	300867	10484	115105	504907	1,67817
75-79	161153	237849	0,03898	195781	11771	88063	370764	1,89377
80 y +	113010	174097	0,04327	140267	24143	61791		
TOTAL	11943475	13310346	0,01085	12594919	98113			

(3) Tasas de crecimiento intercensales

(5) Medias anuales

(6) Densidad de partida para el cálculo; $N(0)$

Cuadro 2
 PRESTON-COALE. POBLACION PROYECTADA
 (10% de omisión en el registro de nacimientos)

Edad	Poblaciones		$R(a)$ (3)	Población Media (4)	Defunciones (5)	$\hat{N}(a)$ (6)	Población Estimada (7)	${}_5K_a$ (8)
	Inicial (1)	Final (2)						
0- 4	1212126	1565520	0,02562	1377537	14606	274370	1251507	0,90851
5- 9	1147229	1343144	0,01579	1241327	639	227683	1093063	0,88056
10-14	1107115	1199833	0,00805	1152542	525	209787	1026791	0,89089
15-19	1061397	1140756	0,00722	1100361	898	200993	984805	0,89498
20-24	966519	1098529	0,01282	1030412	1095	192984	931930	0,90442
25-29	865165	1050292	0,01942	953245	1262	179940	854301	0,89620
30-34	807272	953784	0,01670	877475	1418	162091	774034	0,88212
35-39	790712	850545	0,00730	820083	1812	147745	720885	0,87904
40-44	772872	789185	0,00209	780986	2295	140667	693927	0,88853
45-49	700343	767009	0,00911	732918	3029	136921	661708	0,90284
50-54	613660	741198	0,01891	674421	3937	127866	600294	0,89009
55-59	550142	660305	0,01828	602712	4974	112576	525580	0,87202
60-64	462256	562988	0,01974	510142	6529	97993	450302	0,88270
65-69	357013	481226	0,02990	414492	8698	82568	361806	0,87289
70-74	255491	372949	0,03788	308683	10484	63032	260811	0,84491
75-79	161153	250367	0,04412	200867	11771	42620	161022	0,80164
80 y +	113010	183260	0,04841	143910	24143	23642		
TOTAL	11943475	14010888	0,01599	12922114	98113			

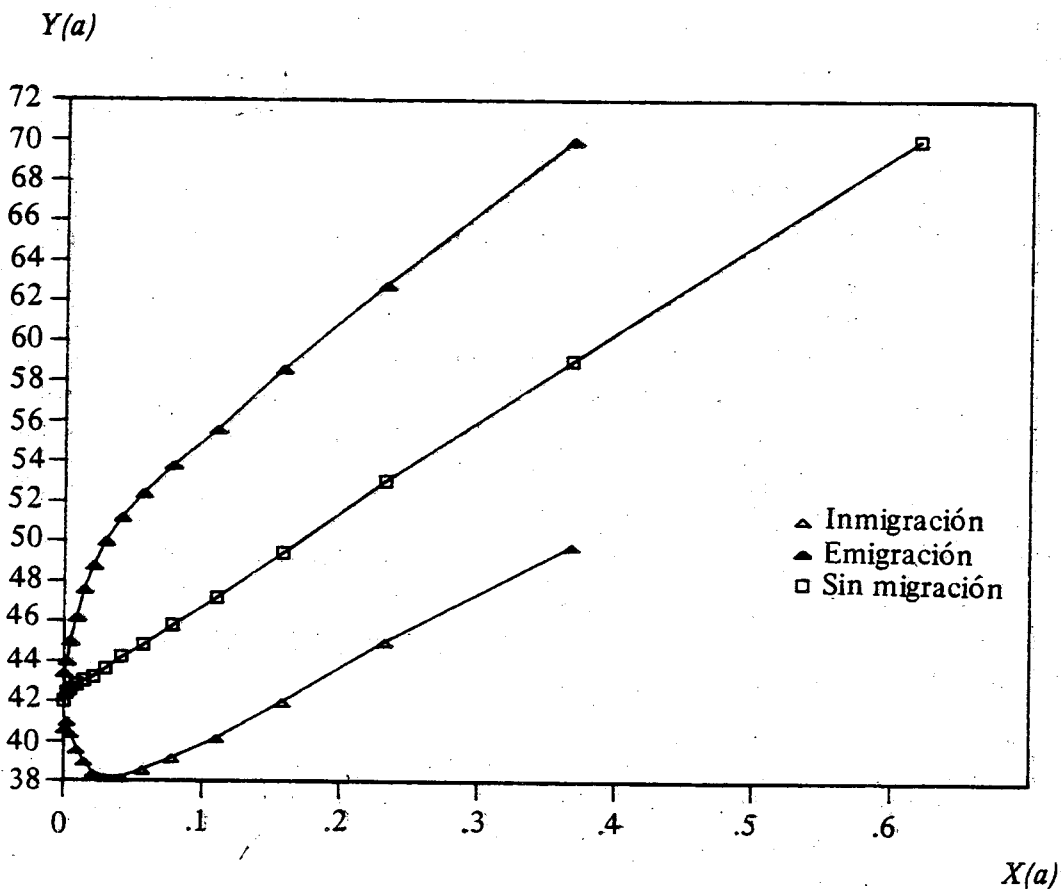
(3) Tasas de crecimiento intercensales

(5) Medias anuales

(6) Densidad de partida para el cálculo: $N(0)$

Gráfico 17

APLICACION DE LA FORMULA PRESTON A UNA POBLACION CON O SIN MIGRACION. $C(a)$ A PARTIR DE TASAS POR EDAD.



uniforme (5 por ciento) a lo largo de todas las edades. En contraste, los aumentos son menos importantes para las edades adultas y avanzadas en el caso de emigración y cada vez más relevantes, a medida que la edad aumenta, cuando reflejan el efecto de omisión, que es acumulativo. Una curva (afectada por emigración) muestra concavidad, vista desde abajo, en tanto que la otra (afectada por omisión del segundo censo) es claramente convexa. Esta distinción puede ser útil cuando se examinan datos de poblaciones reales.

Finalmente, en el caso de la fórmula de *Preston-Coale* aplicada desde el punto inicial 0, fue posible medir el efecto de un 10 por ciento de omisión en el registro de nacimientos. El cuadro 22 muestra los resultados, que aparecen representados también en el gráfico 16. Son satisfactorios: los valores de K que se obtienen suponiendo una omisión en el registro de nacimientos son menores, aproximadamente, en 10 por ciento, que los que resultan de la aplicación de la fórmula a información libre de errores (cuadro 4). Esto es cierto, en

particular, para los grupos de edades jóvenes hasta, digamos, la edad 35.

Los gráficos 13, 14, 15 y 16, que muestran los efectos de diferentes desvíos de la situación de la población proyectada, sin migración, constituyen herramientas útiles para el examen de los resultados de aplicar la fórmula de *Preston-Coale* a datos reales.

Continuamos ahora examinando los efectos, de migración y de errores seleccionados, en los resultados al aplicar la fórmula de *Preston*.

El gráfico 17 representa información contenida en los cuadros 7, 8, 23 y 24. Ilustra el efecto de inmigración y emigración, comparando esos casos con el de una población cerrada, sin migración.

La *inmigración* se refleja en una curva convexa (vista desde abajo) que se aproxima a una línea recta solamente a partir de, digamos, la edad 40, es decir, a lo largo de los últimos 5 ó 6 puntos considerados. En una situación real, por lo tanto, la presencia de inmigración debe manifestarse con claridad.

La *emigración* produce una curva cóncava en el tramo inicial y sólo se aproxima a una línea recta a partir de edades por encima de los 40 años. Otra vez, esta característica --la concavidad-- podrá permitir detectar la existencia de emigración en una situación real, si los datos están libres de otros errores.

La fórmula de *Preston* no utiliza información sobre muertes registradas. No es posible, por lo tanto, estudiar en este caso el efecto de una omisión en los registros.

Fue posible, tal como se hizo en los otros casos, establecer el efecto en los resultados de *un 10 por ciento de omisión en la enumeración de personas con edades 20-24 y 25-29 en los dos censos*. El gráfico 18 y el cuadro 25 presentan los valores obtenidos. La consecuencia de tal error, que es similar al que se derivaría de mala declaración de la edad (es decir, omisiones en algunos grupos, exageraciones en otros) es importante, produciéndose claros desvíos de una tendencia lineal, en puntos correspondientes a varios grupos de edades, no solamente los dos afectados por omisión.

Finalmente, el gráfico 19 y el cuadro 26 consideran el efecto de *una omisión de 5 por ciento en el segundo censo*. Es poco alentador encontrar que la curva resultante se asemeja a aquélla obtenida

Cuadro 23
 APLICACION DE LA FORMULA DE PRESTON A UNA POBLACION CON INMIGRACION

(Continúa. . .)

Edad	Poblaciones		$R(a)$ (3)	Tiempo Vivido (4)	$C(a+5)$ (5)	$NY(a+5)$ (6)	$Y(a+5)$ (7)	$X(a+5)$ (8)
	Inicial (1)	Final (2)						
0- 4	1212126	1635386	0,02999	14112719	0,02039	0,81865	40,1564	0,0000
5- 9	1147229	1386698	0,01898	12614522	0,01849	0,74452	40,2656	0,0026
10-14	1107115	1223321	0,00999	11626567	0,01740	0,70822	40,7050	0,0049
15-19	1061397	1180575	0,01066	11183952	0,01661	0,67148	40,4364	0,0090
20-24	966519	1159579	0,01824	10586685	0,01554	0,61296	39,4346	0,0143
25-29	865165	1105658	0,02456	9791577	0,01429	0,54212	37,9411	0,0210
30-34	807272	989585	0,02039	8941105	0,01315	0,48958	37,2262	0,0294
35-39	790712	873082	0,00992	8300782	0,01234	0,46588	37,7561	0,0410
40-44	772872	804746	0,00405	7876212	0,01163	0,45655	39,2467	0,0564
45-49	700343	777970	0,01053	7374650	0,01079	0,43314	40,1271	0,0781
50-54	613660	748002	0,01982	6776866	0,00978	0,39227	40,1021	0,1098
55-59	550142	664563	0,01892	6047224	0,00852	0,35686	41,9044	0,1570
60-64	462256	566153	0,02030	5117483	0,00708	0,32241	45,5378	0,2326
65-69	357013	483444	0,03036	4164680	0,00555	0,27700	49,9394	0,3670
70-74	255491	374386	0,03826	3107356				
75 y +	274163	435311	0,04630	3480728				
TOTAL	11943475	14408459	0,01879	131103110				

Estimación de $P(5)$: .95109

(3) Tasas de crecimiento intercensales

(4) $TV(a) = (N(a,t) - N(a,0)) / R(a)$

(5) $C(a) = (TV(a) + TV(a+1)) / TV(total)$

(6) $NY(a) = P(5) \cdot EXP(-5 \cdot W)$; (W es la suma de las $R(a)$ desde el primer grupo)

(7) $Y(a) = NY(a) / C(a)$

Cuadro 23
 APLICACION DE LA FORMULA DE PRESTON A UNA POBLACION CON INMIGRACION (Conclusión)

Edad	Tasas de Crecimiento			Población Media (4)	C(a+5) (5)	Y(a+5) (6)	q(a) Estandar (7)
	Inicial (1)	Final (2)	Media (3)				
0- 4	-0,05503	-0,16495	-0,15592	1421675	0,02012	40,6842	100000
5- 9	-0,03559	-0,12536	-0,04424	1216424	0,01815	41,0091	95109
10-14	-0,04217	-0,03557	-0,02527	1163783	0,01753	40,3964	94860
15-19	-0,09364	-0,01794	-0,04481	1134740	0,01693	39,6595	94643
20-24	-0,11078	-0,04762	-0,10191	1085013	0,01575	38,9183	94259
25-29	-0,06926	-0,11091	-0,11780	979887	0,01412	38,4007	93765
30-34	-0,02073	-0,12526	-0,07513	870999	0,01281	38,2298	93149
35-39	-0,02282	-0,08150	-0,02648	807957	0,01216	38,2990	92391
40-44	-0,09854	-0,03384	-0,02994	786840	0,01183	38,6048	91362
45-49	-0,13213	-0,03928	-0,10796	763631	0,01105	39,1873	90030
50-54	-0,10926	-0,11828	-0,14552	685484	0,00975	40,2369	88221
55-59	-0,17406	-0,16027	-0,13136	592651	0,00848	42,0605	85703
60-64	-0,25835	-0,15793	-0,21094	519696	0,00717	44,9412	82206
65-69	-0,33459	-0,25565	-0,31310	420860	0,00556	49,8457	77161
70-74	-0,65850	-0,62060	-0,62662	307724			69573
75 y +				353186			58765
TOTAL				13110550			

$$(3) \sqrt{R(a-5,0 \cdot R(a+5,10))}$$

$$(5) Y(a) = NY(a)/C(a)$$

Cuadro 24

APLICACION DE LA FORMULA DE PRESTON A UNA POBLACION CON EMIGRACION

(Continúa...)

Edad	Poblaciones			Tiempo Vivido (4)	C(a+5) (5)	NY(a+5) (6)	Y(a+5) (7)	X(a+5) (8)
	Inicial (1)	I'inal (2)	R(a) (3)					
0-4	1212126	1495654	0,02105	13470796	0,02016	0,85609	42,4597	0,0000
5-9	1147229	1299589	0,01249	12201524	0,01853	0,80427	43,3931	0,0026
10-14	1107115	1176345	0,00607	11398166	0,01743	0,78021	44,7616	0,0049
15-19	1061397	1100938	0,00366	10795661	0,01633	0,76605	46,8995	0,0090
20-24	966519	1037479	0,00709	10002081	0,01514	0,73936	48,8418	0,0143
25-29	865165	994926	0,01399	9272629	0,01404	0,68939	49,1066	0,0210
30-34	807272	917982	0,01287	8602616	0,01310	0,64643	49,3349	0,0294
35-39	790712	828008	0,00462	8081082	0,01241	0,63168	50,8963	0,0410
40-44	772872	773624	0,00010	7721887	0,01177	0,63138	53,6293	0,0564
45-49	700343	756048	0,00766	7268432	0,01098	0,60764	55,3375	0,0781
50-54	613660	734394	0,01799	6713001	0,00999	0,55538	55,5934	0,1098
55-59	550142	656048	0,01763	6007180	0,00871	0,50852	58,3587	0,1570
60-64	462256	559823	0,01918	5087855	0,00725	0,46203	63,7201	0,2326
65-69	357013	479007	0,02943	4144575	0,00569	0,39880	70,1430	0,3670
70-74	255491	371511	0,03749	3094652				
75 y +	274163	431941	0,04552	3466203				
TOTAL	11943475	13613317	0,01310	127328339				

Estimación de P(5): .95109

(3) Tasas de crecimiento intercensales

(4) $TV(a) = (N(A,t) - N(a,0)) / R(a)$ (5) $C(a) = (TV(a) + TV(A+1)) / TV(total)$ (6) $NY(a) = P(5) \cdot EXP(-5 \cdot W)$; (W es la suma de las R(a) desde el primer grupo)(7) $Y(a) = NY(a) / C(a)$

APLICACION DE LA FORMULA DE PRESTON A UNA POBLACION CON EMIGRACION

(Conclusión)

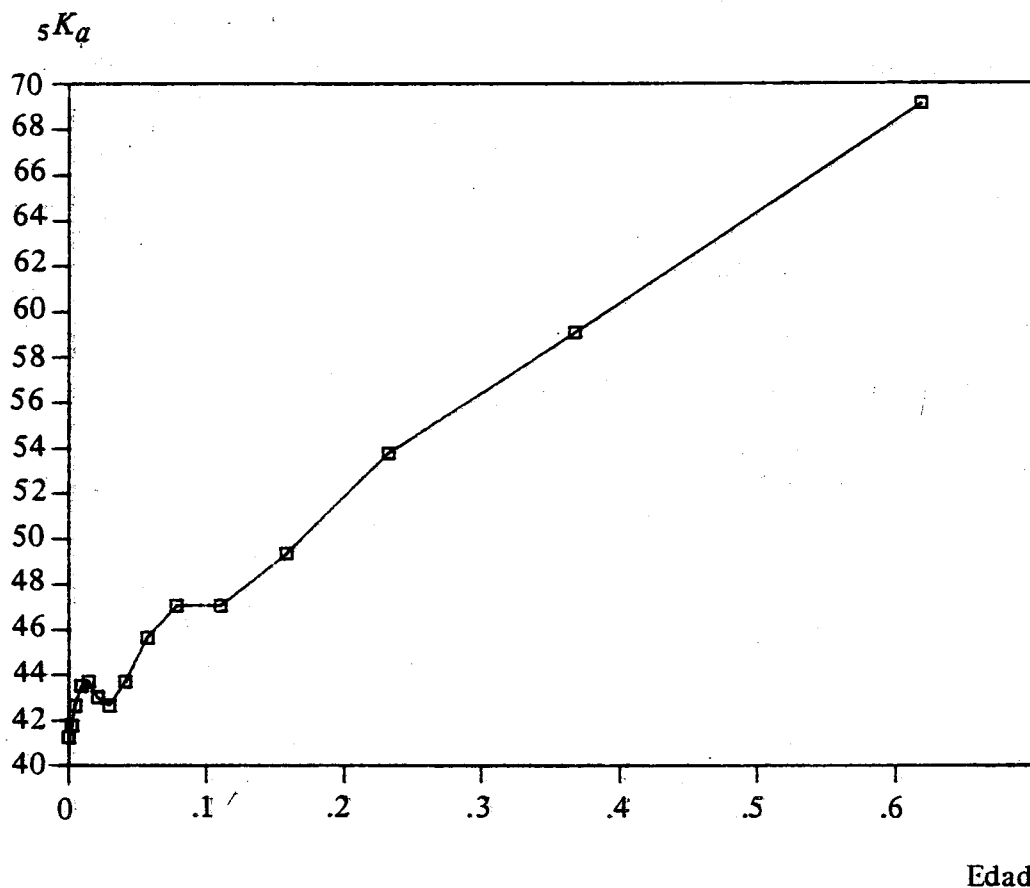
Edad	Tasas de crecimiento			Población		$q(x)$ Estandar (7)
	Inicial (1)	Final (2)	Media (3)	Media (4)	$Y(a+5)$ (6)	
0-4	-0,05503	-0,14052	-0,09080	1307267	0,01970	43,4656
5-9	-0,03559	-0,09964	-0,06038	1193791	0,01825	44,0665
10-14	-0,04217	-0,06625	-0,04597	1123845	0,01730	45,0916
15-19	-0,09364	-0,05937	-0,04203	1073354	0,01656	46,2667
20-24	-0,11078	-0,04188	-0,08682	1029180	0,01554	47,5913
25-29	-0,06926	-0,08049	-0,10690	943598	0,01411	48,8646
30-34	-0,02073	-0,10315	-0,06860	847932	0,01291	50,0636
35-39	-0,02282	-0,06794	-0,02182	791718	0,01233	51,2111
40-44	-0,09854	-0,02298	-0,02575	774626	0,01205	52,4172
45-49	-0,13213	-0,02906	-0,10544	754933	0,01130	53,7962
50-54	-0,10926	-0,11281	-0,14477	679388	0,00998	55,6538
55-59	-0,17406	-0,15861	-0,13052	587823	0,00869	58,5062
60-64	-0,25835	-0,15591	-0,21032	515898	0,00735	62,8203
65-69	-0,33459	-0,25414	-0,31217	418045	0,00570	69,9469
70-74	-0,65850	-0,62063	-0,62664	305949		
75 y +				351138		
TOTAL				12698486		

$$(3) \sqrt{R(a-5,0) \cdot R(a+5,10)}$$

$$(5) Y(a) = NY(a)/C(a)$$

Gráfico 18

APLICACION DE LA FORMULA PRESTON A UNA POBLACION CON EL 10 POR CIENTO DE OMISION EN EL GRUPO 20-29 EN AMBOS CENSOS.
C(a) A PARTIR DE TASAS POR EDAD.



cuando hay emigración. Puede uno suponer, a la luz de este resultado, que seguramente una omisión relativa en el primer censo, presentará una curva semejante a la obtenida cuando se estudió el efecto de una inmigración.

Terminamos esta sección mostrando —en el cuadro 27— los resultados obtenidos, esto es, la tasa de natalidad y la esperanza de vida a la edad 5, si se ajusta una recta a puntos seleccionados de los gráficos y cuadros presentados anteriormente.

Como, por lo general, la forma que presenta la distribución de los puntos es muy diferente según se trate de tramos de edades jóvenes, o adultas y avanzadas, se realizan los ajustes, separadamente, utilizando conjuntos seleccionados de puntos diferentes, según sea que se busque el nivel de la natalidad o el nivel de la mortalidad.

Cuadro 25
 APLICACION DE LA FORMULA DE PRESTON A UNA POBLACION CON UNA OMISION DEL 10% EN EL GRUPO
 20-29, EN AMBOS CENSOS

(Continúa...)

Edad	Poblaciones		$R(a)$ (3)	Tiempo Vivido (4)	$C(a+5)$ (5)	$NY(a+5)$ (6)	$Y(a+5)$ (7)	$X(a+5)$ (8)
	Inicial (1)	Final (2)						
0- 4	1212126	1565520	0,02562	13794046	0,02059	0,83674	40,6326	0,0000
5- 9	1147229	1343144	0,01579	12409113	0,01880	0,77323	41,1292	0,0026
10-14	1107115	1199833	0,00805	11512734	0,01769	0,74271	41,9956	0,0049
15-19	1061397	1140756	0,00722	10990920	0,01592	0,71637	44,9962	0,0090
20-24	869867	988676	0,01282	9267332	0,01403	0,67189	47,9010	0,0143
25-29	778649	945263	0,01942	8580880	0,01364	0,60973	44,7077	0,0210
30-34	807272	953784	0,01670	8772893	0,01333	0,56088	42,0702	0,0294
35-39	790712	850545	0,00730	8191412	0,01257	0,54077	43,0310	0,0410
40-44	772872	789185	0,00209	7799302	0,01188	0,53514	45,0327	0,0564
45-49	700343	767009	0,00911	7321666	0,01105	0,51133	46,2536	0,0781
50-54	613660	741198	0,01891	6744981	0,01004	0,46520	46,3458	0,1098
55-59	550142	660305	0,01828	6027220	0,00875	0,42457	48,5396	0,1570
60-64	462256	562988	0,01974	5102683	0,00728	0,38466	52,8731	0,2326
65-69	357013	481226	0,02990	4154637	0,00570	0,33125	58,0929	0,3670
70-74	255491	372949	0,03788	3101010	0,00403	0,27410	68,0784	0,6185
75-79	161153	250367	0,04412	2022177				
80 y +	113010	183260	0,04841	1451168				
TOTAL	11760306	13796007	0,01599	127244174				

Estimación de $P(5)$: .95109

(3) Tasas de crecimiento intercensales

(4) $TV(a) = (N(a,t) - N(a,0)) / R(a)$

(5) $C(a) = (TV(a) + TV(a+1)) / TV(\text{total})$

(6) $NY(a) = P(5) \cdot \text{EXP}(-5 \cdot W)$; (W es la suma de las $R(a)$ desde el primer grupo)

(7) $Y(a) = NY(a) / C(a)$

Cuadro 25
**APLICACION DE LA FORMULA DE PRESTON A UNA POBLACION CON UNA OMISION DEL 10% EN EL GRUPO
 20-29, EN AMBOS CENSOS**
 (Conclusión)

Edad	Tasas de crecimiento			Población Media (4)	C(a+5) (5)	Y(a+5) (6)	l(x) Estandar (7)
	Inicial (1)	Final (2)	Media (3)				
0- 4	-0,05503	-0,15320	-0,11779	1356651	0,01997	41,9086	100000
5- 9	-0,03559	-0,11283	-0,05271	1205905	0,01831	42,2323	95109
10-14	-0,04217	-0,05049	-0,07136	1143988	0,01721	43,1493	94860
15-19	-0,19900	-0,14308	-0,04352	1065196	0,01625	44,0974	94643
20-24	-0,11078	-0,04490	-0,09501	1019837	0,01517	44,2862	94259
25-29	0,03610	0,00897	-0,11265	927400	0,01368	44,5658	93765
30-34	-0,02073	-0,11456	-0,01939	828594	0,01279	43,8609	93149
35-39	-0,02282	-0,07488	-0,02431	812684	0,01251	43,2208	92391
40-44	-0,09854	-0,02850	-0,02795	793169	0,01219	43,9023	91362
45-49	-0,13213	-0,03423	-0,10672	771308	0,01141	44,8107	90030
50-54	-0,10926	-0,11557	-0,14515	693237	0,01007	46,1837	88221
55-59	-0,17406	-0,15944	-0,13094	599578	0,00877	48,4132	85703
60-64	-0,25835	-0,15692	-0,21063	525991	0,00742	51,8555	82206
65-69	-0,33459	-0,25490	-0,32087	426090	0,00573	57,8263	77161
70-74	-0,46083	-0,39851	-0,41555	309137	0,00400	68,5559	69573
75-79	-0,88625	-0,86128	-0,85138	204023			58765
80 y +				151931			43933
TOTAL				12834717			

(3) Tasas de crecimiento intercensales

(5) $Y(a) = NY(a)/C(a)$

APLICACION DE LA FORMULA DE PRESTON A UNA POBLACION CON UNA OMISION
DEL 5% EN EL SEGUNDO CENSO

(Continúa...)

Edad	Poblaciones		R(a) (3)	Tiempo Vivido (4)	C(a+5) (5)	NY(a+5) (6)	Y(a+5) (7)	X(a+5) (8)
	Inicial (1)	Final (2)						
0-4	1212126	1487244	0,02048	13431562	0,02027	0,85851	42,3483	0,0000
5-9	1147229	1275987	0,01065	12088086	0,01851	0,81398	43,9643	0,0026
10-14	1107115	1139841	0,00292	11218598	0,01742	0,80219	46,0496	0,0049
15-19	1061397	1083718	0,00208	10710497	0,01648	0,79388	48,1794	0,0090
20-24	966519	1043603	0,00768	10031918	0,01535	0,76396	49,7818	0,0143
25-29	865165	997777	0,01428	9286219	0,01417	0,71131	50,2146	0,0210
30-34	807272	906095	0,01156	8545603	0,01313	0,67135	51,1322	0,0294
35-39	790712	808018	0,00217	7982387	0,01238	0,66411	53,6436	0,0410
40-44	772872	749726	0,00304	7601974	0,01171	0,67430	57,6012	0,0564
45-49	700343	728659	0,00397	7134286	0,01089	0,66105	60,7234	0,0781
50-54	613660	704138	0,01377	6569612	0,00988	0,61706	62,4402	0,1098
55-59	550142	627290	0,01314	5870671	0,00861	0,57782	67,0979	0,1570
60-64	462256	534839	0,01460	4969837	0,00716	0,53713	75,0068	0,2326
65-69	357013	457165	0,02476	4044724	0,00561	0,47458	84,5878	0,3670
70-74	255491	354302	0,03274	3017948	0,00396	0,40292	101,7366	0,6185
75-79	161153	237849	0,03898	1967492				
80 y +	113010	174097	0,04327	1411668				
TOTAL	11943475	13310346	0,01085	125883084				

Estimación de P(5): .95109

(3) Tasas de crecimiento intercensales

(4) $TV(a) = (N(a,t) - N(a,0)) / R(a)$ (5) $C(a) = (TV(a) + TV(a+1)) / TV(\text{total})$ (6) $NY(a) = P(5) \cdot EXP(-5 \cdot W)$; (W es la suma de las R(a) desde el primer grupo)(7) $Y(a) = NY(a) / C(a)$

Cuadro 26
 APLICACION DE LA FORMULA DE PRESTON A UNA POBLACION CON UNA OMISION
 DEL 5% EN EL SEGUNDO CENSO

(Conclusión)

Edad	Tasas de crecimiento			Población Media (4)	C(a+5) (5)	Y(a+5) (6)	l(x) Estandar (7)
	Inicial (1)	Final (2)	Media (3)				
0- 4	-0,05503	-0,15320	-0,11779	1322300	0,01990	43,1394	100000
5- 9	-0,03559	-0,11283	-0,05271	1175371	0,01825	44,6036	95109
10-14	-0,04217	-0,05049	-0,03664	1115022	0,01745	45,9743	94860
15-19	-0,09364	-0,03772	-0,04352	1074906	0,01676	47,3549	94643
20-24	-0,11078	-0,04490	-0,09500	1029134	0,01566	48,7947	94259
25-29	-0,06926	-0,09639	-0,11265	935863	0,01412	50,3797	93765
30-34	-0,02073	-0,11456	-0,07201	836156	0,01286	52,1978	93149
35-39	-0,02282	-0,07488	-0,02431	778058	0,01225	54,2137	92391
40-44	-0,09854	-0,02850	-0,02795	759375	0,01193	56,5011	91362
45-49	-0,13213	-0,03423	-0,10672	738445	0,01117	59,1705	90030
50-54	-0,10926	-0,11557	-0,14515	663700	0,00986	62,5699	88221
55-59	-0,17406	-0,15944	-0,13094	574032	0,00859	67,2967	85703
60-64	-0,25835	-0,15692	-0,21063	503580	0,00726	73,9569	82206
65-69	-0,33459	-0,25490	-0,32087	407936	0,00561	84,6181	77161
70-74	-0,46083	-0,39851	-0,41555	295966	0,00391	102,9286	69573
75-79	-0,88625	-0,86128	-0,85138	195330			58765
80 y +				145457			43933
TOTAL				12550632			

Estimación de P(5): .95109

(5) $Y(a) = NY(a)/C(a)$

Cuadro 27
PRESTON. COMPARACION ENTRE VALORES CONOCIDOS Y ESTIMADOS DE LAS TASAS DE NATALIDAD Y DE LA ESPERANZA DE VIDA A LA EDAD 5 EN DIFERENTES POBLACIONES

Poblaciones	Tasa de natalidad (por mil)			Esperanza de vida a la edad 5		
	Valor conocido	Puntos considerados	Valor estimado	Valor conocido	Puntos considerados	Valor estimado
Cerrada						
(sin errores)	23,65	(1,15)	23,67	70,05	(1,15)	69,46
Con inmigración	23,87	(2,6)	24,24	70,05	(8,14)	70,25
Con emigración	23,41	(2,6)	22,94	70,05	(8,14)	68,64
Con 10% de omisión en los grupos 20-24 y 25-29, en ambos censos	23,65	(8,15)	24,18	70,05	(8,15)	69,45
Con 5% de omisión en el segundo censo	23,65	(2,7)	22,79	70,05	(10,15)	66,32

NOTAS:

El ajuste de la línea recta se efectúa utilizando el método de dos medias, obtenidas del agrupamiento de puntos. Los puntos considerados en el ajusté se indican en cada caso. Ellos están numerados de 1 hasta 15 (ó 14) de acuerdo con un orden creciente con la edad.

El cálculo de $c(a)$ —la función de distribución por edades— se hace utilizando el procedimiento descrito en forma esquemática en el texto, es decir, utilizando tasas de promoción de un grupo de edades al siguiente grupo en una cohorte, en dos momentos del tiempo, y calculando un valor intermedio mediante interpolación geométrica.

Gráfico 19

APLICACION DE LA FORMULA PRESTON A UNA POBLACION CON EL 5 POR CIENTO DE OMISION EN EL SEGUNDO CENSO $C(a)$ A PARTIR DE TASAS POR EDAD.

