

ESTIMACION ROBUSTA DE LA FECUNDIDAD MEDIANTE EL
EMPLEO DE MODELOS DE POBLACIONES ESTABLES *

Ansley J. Coale

RESUMEN

Si se conoce la proporción de personas de menos de quince años respecto de la población total; la probabilidad que los recién nacidos tienen de alcanzar con vida la edad de cinco años y la tasa de crecimiento de esa población, se puede estimar —con un procedimiento muy simple— la tasa de natalidad, la tasa bruta de reproducción y la tasa de fecundidad global mediante el uso apropiado de modelos de poblaciones estables. Aun cuando la población real esté lejos de ser una población estable, las estimaciones resultan muy poco afectadas, lo que prueba la robustez del procedimiento.

<POBLACION ESTABLE> <TASA BRUTA DE REPRODUCCION> <TASA DE NATALIDAD> <TASA GLOBAL DE FECUNDIDAD>

* Este artículo será publicado en inglés por el East-West Population Center en la revista Asian and Pacific Forum.

ROBUST ESTIMATION OF FERTILITY BY THE USE
OF MODEL STABLE POPULATIONS

SUMMARY

If we know the proportion of population under 15 years of age; the probability of newborns to reach 5 years of age and the rate of growth of that population, by means of a very simple procedure we can estimate the birth rate, the gross reproduction rate and the total fertility rate through the appropriate use of stable population models. Even if the real population is far from being a stable population the estimates are very little affected, which shows the robustness of the procedure.

<STABLE POPULATION> <TOTAL FERTILITY
RATE> <BIRTH RATE> <GROSS REPRODUCTION
RATE>

El empleo de modelos de poblaciones estables para estimar la fecundidad y la mortalidad se ve limitado por las deficiencias de los datos disponibles, por las variaciones de los modelos de poblaciones estables— aun cuando se conozcan ciertos parámetros (por ejemplo, la tasa de crecimiento y la población por debajo de una edad determinada)—, y por la no estabilidad de la población causada por cambios recientes de la fecundidad y la mortalidad.

En realidad, la estimación de la fecundidad a menudo es posible, como una estimación de la tasa media de natalidad de un período de 15 años anteriores a un censo o una encuesta, aun cuando estos presenten serios errores en la declaración de la edad. Además, la estimación puede emplear modelos de poblaciones estables y sin embargo estar poco afectada, sea cual fuere la familia de poblaciones estables de Coale/Demeny que se emplee. Finalmente, las estimaciones son bastante exactas (cuando los datos son relativamente precisos), aunque la población sea totalmente no estable (como lo es, por ejemplo, una población europea contemporánea).

El procedimiento es sencillo: puede escogerse un nivel de mortalidad en cualquiera de las cuatro familias de tablas modelos de mortalidad, de cualquier sexo, sobre la base de la probabilidad l_5/l_0 derivada de los datos sobre los niños nacidos vivos y niños sobrevivientes de las mujeres entre 30 y 34 años de edad (o cuyo matrimonio haya durado entre 10 y 14 años). Escogido el nivel de mortalidad, puede hallarse —mediante la interpolación— el modelo de población estable (masculina o femenina) que tenga la misma proporción por debajo de los 15 años de edad $C(15)$ que la población dada tenga para los dos sexos combinados. Puede, por ejemplo, suponerse que l_5/l_0 es igual a 0,860. Esta probabilidad de supervivencia hasta la edad de 5 años corresponde tanto al nivel 14,95 del modelo oeste-femenino como al 15,85 del oeste-masculino; o al 15,1 del norte-femenino; o al 16,0 del norte-masculino; o al 15,9 del este-femenino; o al 16,9 del este-masculino; o al 17,0 del sur-femenino; o al 17,7 del sur-masculino. Se puede utilizar cualquiera de estas opciones.

La tasa de natalidad de esta población —encontrada mediante el mismo factor de interpolación que produce el $C(15)$ dado—, es la estimación de la tasa media de natalidad de la población considerada en los 15 años anteriores al censo o a la encuesta. Esta estimación, en general muy aproximada, es preliminar. Se registra la tasa de crecimiento en la

población estable modelo interpolada, a fin de utilizarla en la construcción de una estimación ajustada, que se describe más adelante.

La elección de la proporción de personas de ambos sexos menores de 15 años y de l_5/l_0 como los parámetros mediante los cuales se selecciona una población estable modelo está basada en varias consideraciones. La primera es que la proporción de la población de ambos sexos de menos de 15 años parece menos afectada por los errores de declaración acerca de la edad que otras proporciones acumuladas, por lo menos dentro de los primeros años de edad. La proporción de personas de menos de 5 años de edad, con frecuencia se subestima significativamente, porque los niños de menos de 5 años de edad son declarados como de más edad. En Africa y en el Asia Meridional, la proporción de personas de menos de 10 años, a menudo es exagerada, debido a una aparente subestimación de la edad de algunos niños de poco más de 10 años de edad. En cambio, el frecuente error en que se incurre al declarar la edad de las mujeres de menos de 15 años de edad como mayores de 15, se compensa con la declaración de las edades de los varones de más de 15 años como menores de 15, de modo que $C(15)$ para los dos sexos combinados constituye una cifra relativamente robusta.

Una característica sorprendente del cálculo de la tasa de natalidad a partir de $C(15)$ y l_5/l_0 es que la validez de la estimación de la población estable no se debilita mucho cuando la población en realidad no es estable.

La exactitud de la aproximación para las poblaciones no estables puede comprenderse considerando la estimación de la tasa de natalidad estable a partir de $C(15)$ y l_5 como una forma de proyección retrospectiva que da el valor medio de la tasa de natalidad en los 15 años anteriores al censo o encuesta. En una población estable, la tasa media de natalidad en los 15 años precedentes es, por supuesto, la misma que la tasa de natalidad actual. La tasa media de natalidad en los 15 años precedentes *podría* calcularse mediante el procedimiento convencional de la proyección retrospectiva; es decir, a partir del número de personas en cada intervalo de edades inferiores a 15 años en la población estable y de las relaciones de supervivencia de la tabla modelo de mortalidad, se puede calcular el número de nacimientos en los 15 años precedentes. Dicho número de nacimientos puede dividirse por el número de años-persona vividos en los últimos 15 años por la población total; en la población estable, este último número se obtiene proyectando la población actual hacia el pasado con la tasa de crecimiento que experimenta la población estable. El cálculo equivalente de la población real es una

proyección retrospectiva al nacimiento de las personas de cada intervalo de edades de 5 años, desde 0 hasta 15; la suma de estos nacimientos se divide luego por una proyección retrospectiva de la población total con su tasa real de crecimiento. Dado que la población estable ha sido seleccionada a partir del valor estimado de l_5 , debe corresponder a una tabla de mortalidad con valores l_x hasta la edad de 15 años no muy distintos de los que caracterizaron la mortalidad de la población real en algún momento en el pasado reciente. En la población real, el número de personas de menos de 15 años de edad puede ser asignado entre los tres grupos de edad que la componen de manera diferente a la población estable, pero debido a la baja mortalidad en esas edades (por lo menos desde la edad de 3 ó 4 años hasta los 15) la diferencia en la distribución interna por edad de las personas de menos de 15 años de edad entre la población real y la población estable, tiene sólo un ligero efecto sobre el número de nacimientos calculados mediante la proyección retrospectiva.

Es probable que haya una diferencia más importante en las tasas de crecimiento de la población real y de la población estable, especialmente si ha habido un cambio reciente en la fecundidad. Si la fecundidad ha declinado recientemente, la proporción de personas menores de 15 años en la población se reducirá debido a la menor fecundidad. La población estable puede presentar una tasa de mortalidad comparativamente elevada, debido a la gran proporción de personas de mayor edad en la población estable en que la fracción por debajo de los 15 años es baja. En cambio, la población real, sujeta sólo recientemente a la baja fecundidad, retiene todavía pequeñas fracciones en las edades superiores y, en consecuencia, presenta una tasa de mortalidad más baja (y una tasa de crecimiento más alta) que la población estable. Si (por ejemplo) la población real tiene una tasa de crecimiento un 5 por mil mayor que la población estable, el denominador que debería emplearse para la proyección retrospectiva supone una tasa de crecimiento 0,005 superior a la estable durante un período de aproximadamente 7,5 años, creando en este caso, un error potencial en la estimación de la tasa de natalidad de $e(0,005)(7,5)$, un error algo menor al 4 por ciento de la tasa de natalidad, o alrededor de 1 punto en una tasa de natalidad de un 25 por mil.

Se puede hacer fácilmente una corrección eficaz de esta posible fuente de error en la estimación de la tasa bruta de natalidad. El procedimiento es el siguiente: se utiliza la proporción de menos de 15 años y el valor estimado de l_5 para seleccionar un modelo de población estable, como se describió anteriormente. La tasa de natalidad de la po-

blación estable así seleccionada constituye una estimación preliminar de la tasa de natalidad de la población considerada. A continuación, se compara la tasa de crecimiento estable con la tasa media de crecimiento de la población de los 15 años precedentes estimada, por ejemplo, a partir de la tasa intercensal de crecimiento de la población de que se trata. Se simboliza la diferencia entre la tasa de crecimiento de la población y la tasa de crecimiento estable mediante Δr , y se multiplica la estimación preliminar de la población estable modelo por $e^{7,5 \Delta r}$.

Se ha aplicado este procedimiento a varias poblaciones con un registro confiable de los nacimientos. Las tasas medias de natalidad calculadas a partir de l_5 y $C(15)$ se comparan con las tasas medias de natalidad basadas en los nacimientos registrados durante 15 años antes del censo, que figuran en el cuadro 1. En la primera parte del cuadro, se ha calculado l_5 a partir de datos sobre los niños nacidos vivos y niños sobrevivientes. En los demás casos, donde esos datos no fueron obtenidos, el valor de l_5 se ha tomado de una tabla oficial de mortalidad centrada unos 7 años y medio antes del censo. El procedimiento produce muy buenas estimaciones de la tasa de natalidad de poblaciones que evidentemente no son estables.

Esta corrección reduce la diferencia —ya pequeña— en las estimaciones que surgen del empleo de una familia diferente de modelos de poblaciones estables, como se aprecia en el cuadro 2. La diferencia máxima de la tasa de natalidad en diferentes poblaciones estables con iguales $C(15)$ y l_5/l_0 es únicamente 0,00067, o aproximadamente 1,6 por ciento; vemos que la diferencia es incluso menor después de multiplicar por $e^{7,5 \Delta r}$: únicamente 0,00031, o alrededor del 0,7 por ciento.

Estimación de la tasa bruta de reproducción y de la tasa global de fecundidad escogiendo un modelo de población estable.

En la sección anterior se muestra que la tasa media de natalidad durante los 15 años precedentes es aproximadamente igual en una población dada, a la tasa de natalidad en una población estable modelo con iguales $C(15)$ y l_5/l_0 . La concordancia es incluso mejor si la tasa de natalidad en la población estable modelo se multiplica por $e^{rp - rs}$. Con esta corrección, la elección de un conjunto u otro de modelos de poblaciones estables pasa a carecer totalmente de importancia. Además, el procedimiento de estimación puede emplearse con poblaciones no estables. El cálculo es de la tasa media de natalidad de un período

de 15 años anteriores al censo o encuesta, característica que limita la utilidad de las estimaciones, especialmente cuando la fecundidad está cambiando rápidamente. Si la población es aproximadamente estable, la natalidad media de los últimos años y la tasa de natalidad actual son las mismas; pero si la fecundidad está cambiando, un promedio de 15 años es una guía tosca de la fecundidad reciente. La fecundidad media en los diez años anteriores podría calcularse a partir de una población estable seleccionada sobre la base de $C(10)$ y l_3/l_0 , y la fecundidad media en los cinco años precedentes sobre la base de $C(5)$ y l_2/l_0 . Sin embargo, con frecuencia, las proporciones registradas de personas de menos de 5 y de 10 años de edad son muy inexactas. Nótese que deberían utilizarse estimaciones de l_5 en la selección de una población estable modelo con el $C(15)$ dado, en parte debido a que la tabla de mortalidad que incluye el l_5 estimado prevalecería 6 ó 7 años antes del censo, cuando la mortalidad está cambiando.

Si la población ha experimentado una fecundidad aproximadamente constante, se pueden utilizar modelos de poblaciones estables para estimar la tasa bruta de reproducción y la tasa global de fecundidad.

Para calcular la tasa bruta de reproducción se selecciona primero un modelo de población estable femenina, compatible con la población estable (de ambos sexos) que presente el $C(15)$ y el l_5 dados. Se hace una elección conveniente de una población estable femenina estimando la tasa de natalidad femenina

$$\frac{\text{(tasa de natalidad de ambos sexos) (proporción de nac. femeninos)}}{\text{(proporción de la población femenina)}}$$

La proporción de los nacimientos de niños puede considerarse aproximadamente como el 48,8 por ciento del total, excepto en el Africa Tropical, o en poblaciones de origen primordialmente africano, donde debería utilizarse una proporción de aproximadamente el 49,3 por ciento. La proporción de mujeres en la población puede tomarse del censo, a menos que sea evidente la omisión selectiva por sexo. El valor de l_5/l_0 de mujeres puede calcularse aceptando la l_5/l_0 de mujeres de la tabla modelo de mortalidad al nivel de mortalidad que produce la l_5/l_0 dada para los dos sexos combinados. Para dicho nivel de mortalidad, se busca un modelo de población estable femenina (mediante interpolación), que tenga la tasa de natalidad femenina estimada. Se encuentra

la tasa bruta de reproducción (cuando la edad media de las tasas de fecundidad por edades es de 29 años) para esta población estable y se toma nota de la tasa implícita de crecimiento. Se estima entonces el valor de la tasa de mortalidad $[\mu(\bar{m})]$ a la edad media de las tasas de fecundidad por edades a partir de la tabla modelo de mortalidad femenina escogida como $(5m_{25} + 5m_{30})/2$. La edad media de las tasas de fecundidad se calcula a partir de tasas de fecundidad por edades (basadas en estadísticas incompletas de registros de nacimientos), o estimadas, toscamente, como $2,25 (P_3/P_2) + 23,95$, si la fecundidad ha sido aparentemente poco afectada por la regulación de los nacimientos, relacionada con la paridez. A continuación, se puede estimar la tasa bruta de reproducción (TBR) a la \bar{m} dada como

$$TBR(\bar{m}) = TBR(29) e^{[(\bar{m}-29)(r+\mu(\bar{m}))]}$$

y la tasa global de fecundidad (TGF) como

$$TBR \left[1 + \frac{(\text{nacimientos de varones})}{(\text{nacimientos de mujeres})} \right]$$

Estos pasos adicionales para calcular la tasa global de fecundidad incorporan, a menudo, datos (o supuestos) adicionales de exactitud incierta. La estimación de la TBR y la TGF a partir de modelos de poblaciones estables no es apropiada para las poblaciones (como las que se enumeran en el cuadro 1) que difieren ampliamente de la estabilidad.

Cuadro 1

ESTIMACION DE LA TASA MEDIA DE NATALIDAD DURANTE
UN PERIODO DE 15 AÑOS A PARTIR DE LA POBLACION
ESTABLE MUNDIAL, DADOS $C(15)$, l_5 Y r , EN DIVERSAS
POBLACIONES NO ESTABLES

País	Fecha	Tasa media de natalidad en los 15 años precedentes	
		a partir de los nacimientos registrados	a partir de $C(15)$, l_5 y r
A. l_5 estimado a partir de los niños nacidos vivos y los niños sobrevivientes, de mujeres entre 30 y 34 años de edad			
Bélgica	12/1970	16,3	16,7
Bulgaria	12/1965	18,4	18,0
Costa Rica	3/1973	40,6	41,7
Polonia	12/1970	20,2	19,9
Yugoeslavia	3/1971	21,5	21,3
B. l_5 a partir de las tablas de mortalidad publicadas alrededor de 7 años y medio antes de los censos			
Hong Kong	3/1971	30,2	29,5
Japón	10/1965	19,0	19,6
Países Bajos	1933-37	23,5	23,8
Suecia	1813-17	31,9	31,3
Suecia	1933-37	16,7	16,7
Suecia	1965	14,8	15,0

Cuadro 2

TASA DE NATALIDAD EN POBLACIONES ESTABLES MODELOS,
EN LAS QUE $I_5 = 0,860$; $C(I_5) = 0,4475$ (TAMBIEN CORREGIDAS
TENIENDO EN CUENTA UNA TASA DE CRECIMIENTO DE LA
POBLACION DE 0,0300)

Modelo de población estable	Nivel de mortalidad	Tasa de natalidad estable	Tasa de crecimiento estable	Tasa de natalidad corregida*
Oeste-femenino	14,95	,04311	,03050	,04292
Oeste-masculino	15,85	,04306	,03033	,04295
Norte-femenino	15,10	,04319	,03055	,04299
Norte-masculino	16,0	,04307	,03000	,04307
Este-femenino	15,9	,04358	,03202	,04292
Este-masculino	16,9	,04346	,03156	,04295
Sur-femenino	17,0	,04373	,03300	,04276
Sur-masculino	17,7	,04360	,03236	,04284

* (tasa de natalidad estable) $e^{[0,075 (0,0300-r \text{ estable})]}$