



Papeles de Población

ISSN: 1405-7425

rpapeles@uaemex.mx

Universidad Autónoma del Estado de México  
México

Partida Bush, Virgilio

La transición demográfica y el proceso de envejecimiento en México

Papeles de Población, vol. 11, núm. 45, julio-septiembre, 2005, pp. 9-27

Universidad Autónoma del Estado de México

Toluca, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11204502>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# La transición demográfica y el proceso de envejecimiento en México\*

Virgilio Partida Bush

*Consejo Nacional de Población*

## *Resumen*

Las diferentes etapas de la transición demográfica quedan impresas en la composición etaria de la población. En este trabajo se estima el impacto de cada una de esas fases en el acelerado proceso de envejecimiento que experimentará la población de México durante la primera mitad del siglo XXI. Las repercusiones de la elevada fecundidad, durante la época de la política de población pronatalista se harán patentes en el crecimiento de los adultos mayores, de la misma manera que el alargamiento de la supervivencia y la incidencia de la migración internacional. Aun más allá de 2050, algunas reminiscencias del pasado demográfico remoto se advertirán en la pirámide de edades.

*Palabras clave:* transición demográfica, envejecimiento demográfico, estructura de edad de la población, población adulta mayor, México

## *Abstract*

*Demographic transition and the aging process in Mexico*

The different stages of the demographic transition are marked in the age composition of the population. In this work, we estimate the impact of each one of these phases in the accelerated process of aging that Mexican population will suffer during the first half of the XXI century. The repercussions of the elevated fecundity during the time of the pro-natal population policy will be visible in the increment of the senior population, similarly, the enlargement of surviving and the incidence of international migration. Even farther than year 2050, some reminiscences of the demographic past will be visible in the age pyramid.

*Key words:* demographic transition, population aging, population age structure, senior population, Mexico.

## Introducción

**E**n el nuevo milenio, México experimenta un intenso proceso de cambio que implica múltiples transiciones en las esferas económica, social, política, urbana, epidemiológica y demográfica. El país está avanzando en estas transiciones, aunque tardará algún tiempo para concluir cada una de ellas.

La transición demográfica en los países en vías de desarrollo —como México— pasa más rápido que en las regiones más desarrolladas. Los veloces

\* Artículo publicado originalmente en *La situación demográfica de México 2004*, Consejo Nacional de Población, México, 2004.

cambios en el tamaño y la estructura por edad de la población implican desafíos que no siempre se resuelven o que toman mucho tiempo para resolverlos. El franco descenso de la mortalidad —resultado de la profusa expansión y cobertura de los servicios de salud, así como de la importación a bajo costo de medicamentos eficaces descubiertos en las naciones desarrolladas— y la política pronatalista que intentó satisfacer la demanda de mano de obra para la industria creciente y para habitar el territorio nacional, propició un alto crecimiento demográfico en México a lo largo del siglo XX, sobre todo de 1954 a 1974, cuando las tasas superiores a tres por ciento anual se encuentran entre las más altas observadas en la historia de la humanidad.

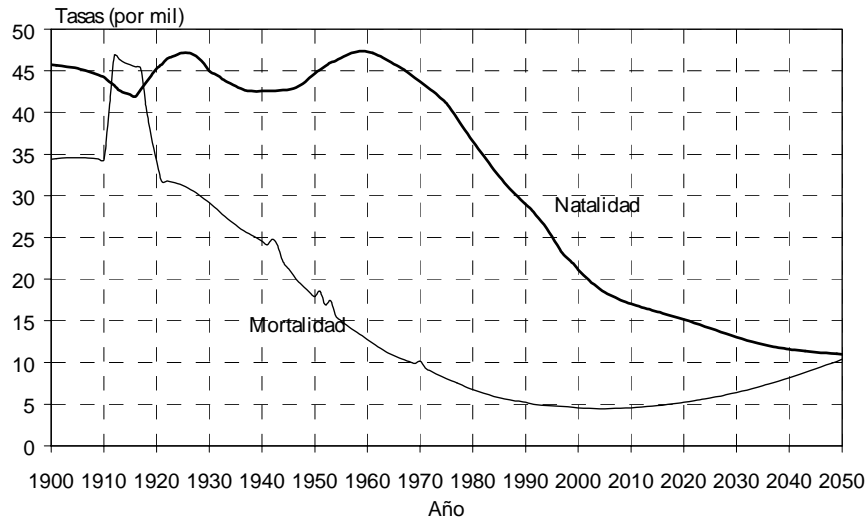
Las consecuencias de ese pasado demográfico todavía son evidentes en la actualidad, pero lo serán aún más en los próximos años, cuando el proceso de envejecimiento se agudice. En este documento se revisa el origen demográfico del proceso de envejecimiento en México, es decir, cómo los cambios en la fecundidad, la mortalidad y la migración del pasado y del futuro han contribuido y contribuirán a la formación del envejecimiento.

## **La transición demográfica en México**

La transición demográfica alude al paso de altos niveles de natalidad y de mortalidad sin control, a bajos niveles controlados. México ha seguido el patrón típico de este proceso, como se puede ver en la gráfica 1. Durante la fase pretransicional es evidente el irregular comportamiento demográfico derivado de la lucha armada de la Revolución Mexicana (1910-1921), provocando incluso que el número de habitantes del país se redujera de 16.2 millones en 1912 a 16.0 en 1921.

Una vez restaurada la paz, inició la primera etapa de la transición demográfica, caracterizada por tasas de mortalidad en rápido descenso y tasas de natalidad relativamente constantes e incluso ascendentes entre 1945 y 1960. La segunda fase puede ubicarse a partir de 1970, cuando el descenso de la fecundidad se acentuó, habiendo empezado en los años sesenta. La tercera etapa del proceso —cuando los niveles de natalidad y mortalidad convergen— tendrá lugar durante la primera mitad del presente siglo.

GRÁFICA 1  
MÉXICO: TRANSICIÓN DEMOGRÁFICA, 1900-2050



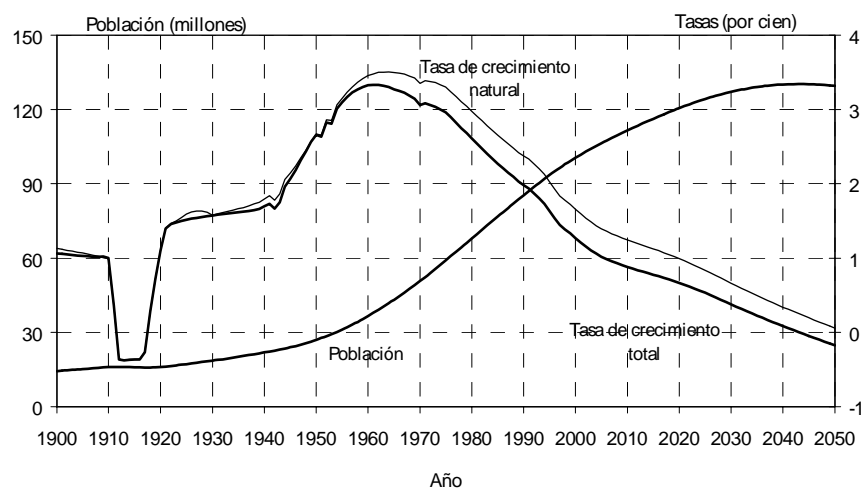
Fuente: Estimaciones y proyecciones del Consejo Nacional de Población (Conapo), basadas en estimaciones de Collver (1965) y Zavala (1989).

Se estima que la tasa de crecimiento se mantuvo aproximadamente constante en 1.0 por ciento anual durante el primer decenio del siglo XX. Después de la Revolución Mexicana aumentó de 1.4 por ciento en 1921 a 1.7 por ciento en 1930, 2.7 por ciento en 1950 y a 3.5 por ciento en 1965. Como consecuencia del declive de la fecundidad, la dinámica demográfica empezó a disminuir su velocidad gradualmente desde entonces, registrando tasas de 3.1 por ciento en 1970, de 2.3 por ciento en 1985 y de 1.3 por ciento en 2000 (gráfica 2). Como se puede ver, después de un largo proceso de transformación demográfica, la población mexicana ingresó al nuevo milenio con una tasa de crecimiento natural semejante a la observada cien años atrás, pero con un tamaño siete veces mayor.

Una rápida y sostenida disminución de la mortalidad tuvo lugar desde los años veinte —en un ambiente de profundas reformas económicas, políticas y sociales. En 1921, la esperanza de vida al nacimiento ascendía a 32.9 años (32.1 para los hombres y 33.8 para las mujeres), mientras en 2000 era de 74.0 años

(71.6 años para los hombres y 76.5 para las mujeres). El incremento más impresionante tuvo lugar de 1942 a 1960, con un aumento de casi un año de vida media (0.95) por cada año calendario (gráfica 3). La caída de la mortalidad general ha sido de tal magnitud que la reducción global del riesgo de fallecer, acumulada de 1921 a 2000, equivale a 84.0 por ciento entre los hombres y a 87.5 por ciento entre las mujeres. Como en muchos otros países, la mortalidad mexicana descendió despacio durante los años sesenta y por ende las ganancias en la vida media fueron pequeñas. Después se recuperó el ritmo de descenso, pero no tan rápido como antes.

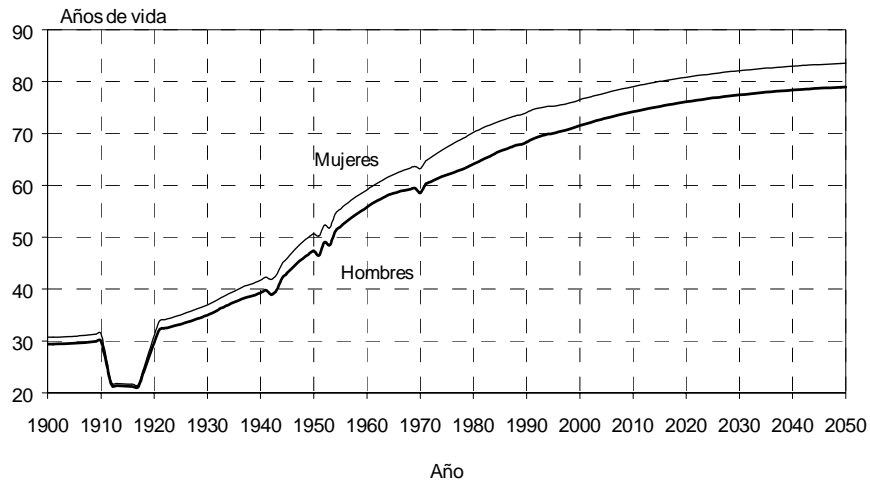
GRÁFICA 2  
MÉXICO: POBLACIÓN Y TASAS DE CRECIMIENTO NATURAL Y TOTAL,  
1900-2050



Fuente: Estimaciones y proyecciones del Conapo.

La expansión de los servicios educativos y de infraestructura sanitaria se encuentra entre los principales determinantes del fuerte descenso de la mortalidad, así como la extensión de los servicios de salud, notoria desde la creación del Instituto Mexicano de Seguro social (IMSS) en 1942 y la transformación del Departamento de Salud en la Secretaría de Salud en 1943.

GRÁFICA 3  
MÉXICO. ESPERANZA DE VIDA AL NACIMIENTO POR SEXO,  
1900-2050



Fuente: Estimaciones y proyecciones del Conapo; 1900-1929 basadas en estimaciones de la tasas brutas de mortalidad de Collver (1965).

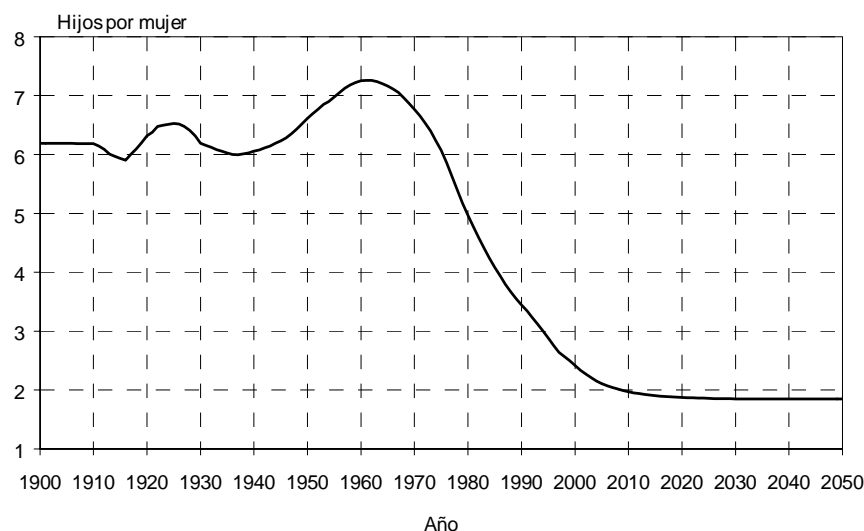
Según las proyecciones recientes (CONAPO, 2002; Partida, 2003), la esperanza de vida aumentaría de 74.0 años en 2000 (71.5 para los hombres y 76.5 para las mujeres) a 76.6 (74.2 y 79.1) en 2010, 79.8 (77.5 y 82.1) en 2030 y, finalmente, a 81.3 años (79.0 para los hombres y 83.6 para las mujeres) en 2050 (gráfica 3), es decir, que la vida media en México al final de la proyección será similar a la observada recientemente en Japón (77.2 para los hombres y 84.0 para las mujeres en 1998), el país que registra el nivel más bajo de mortalidad en la actualidad en el mundo.

Los incrementos previstos para la esperanza de vida pudieran ser relativamente conservadores, dado que la estimación de reducción global del riesgo de morir es de 44 por ciento para el periodo del año 2000 al 2050, esto es, menor a 73 por ciento de lo registrado durante el periodo 1950-2000.

El declive de la fecundidad no empezó hasta mediados de la década de 1960. Los niveles altos e incluso ascendentes antes del umbral evidencian la política pronatalista prevaleciente en el país por esos años, mediante la cual se buscaba

ocupar espacios deshabitados y proteger las fronteras en un contexto de pujante industrialización. Recordemos que al principio del siglo XX, las parejas procreaban alrededor de seis niños a lo largo de su vida fértil alcanzando un máximo de 7.2 niños a inicios de los años sesenta. La gradual difusión de las prácticas de planificación familiar, dentro de una nueva política que buscaba regular el crecimiento demográfico, contribuyó a impulsar la transición de la fecundidad en el país (gráfica 4).

GRÁFICA 4  
MÉXICO. TASA GLOBAL DE FECUNDIDAD, 1900-2050



Fuente: Estimaciones y proyecciones del Conapo, 1900-1950 basadas en estimaciones de Zavala (1989).

La tasa global de fecundidad (TGF) disminuyó a seis niños por mujer en 1975, cinco por mujer en 1979, cuatro en 1985 y tres en 1994, hasta alcanzar aproximadamente 2.2 niños en la actualidad (gráfica 4). Como se puede ver, la experiencia mexicana, así como la de otros países, muestra que una vez que la transición de la fecundidad empieza, el ritmo de declive se acelera, pero conforme avanza las reducciones adicionales por año son cada vez menores.

La política de población de México se ha propuesto alcanzar una fecundidad equivalente al nivel de reemplazo en el año 2005 (una TGF de 2.1 hijos por

mujer).<sup>1</sup> Se estima que en 2000, alrededor de 71.4 por ciento de las mujeres unidas en edad fértil utilizaba métodos anticonceptivos. Para llegar al nivel de reemplazo se requiere incrementar la prevalencia anticonceptiva aproximadamente a 73.5 por ciento, con un incremento anual promedio de casi 0.5 puntos porcentuales, que se piensa es probable de lograr, pues es menor a 0.7 correspondiente a 1997-2000.<sup>2</sup> El aumento necesario en el uso de métodos anticonceptivos es factible, ya que México cuenta con un programa de planificación familiar sólido y consolidado que busca minimizar la demanda insatisfecha del uso de métodos anticonceptivos.

Teniendo en mente las metas de fecundidad y prevalencia del uso de anticonceptivos asumidas por el gobierno mexicano, y el mínimo de 1.85 niños por mujer sugerido por un grupo de expertos convocado por las Naciones Unidas (2002: 18-20), proyectamos la TGF como se muestra en la gráfica 4, suponiendo que se quedaría constante en 1.85 hijos a partir de 2030. La fecundidad por debajo del nivel de reemplazo propiciaría la eventual disminución de la población (tasa de crecimiento negativa).

La pérdida neta por migración internacional ha sido significativa sólo desde 1960, como se puede ver en la gráfica 2 (la diferencia entre las tasas de crecimiento natural y total). Se estima que la movilidad territorial —principalmente la de mexicanos hacia Estados Unidos— reduce en 0.4 por ciento la tasa de crecimiento natural en la actualidad. Las previsiones para los próximos cincuenta años apuntan que la tasa de emigración neta podría reducirse de 0.39 por ciento en 2000 a 0.23 por ciento en 2050. Si las tasas de fecundidad, mortalidad y migración previstas para 2050 se mantuvieran constantes, la tasa intrínseca de crecimiento de la población estable, que eventualmente se alcanzaría, sería de -0.78 por ciento.

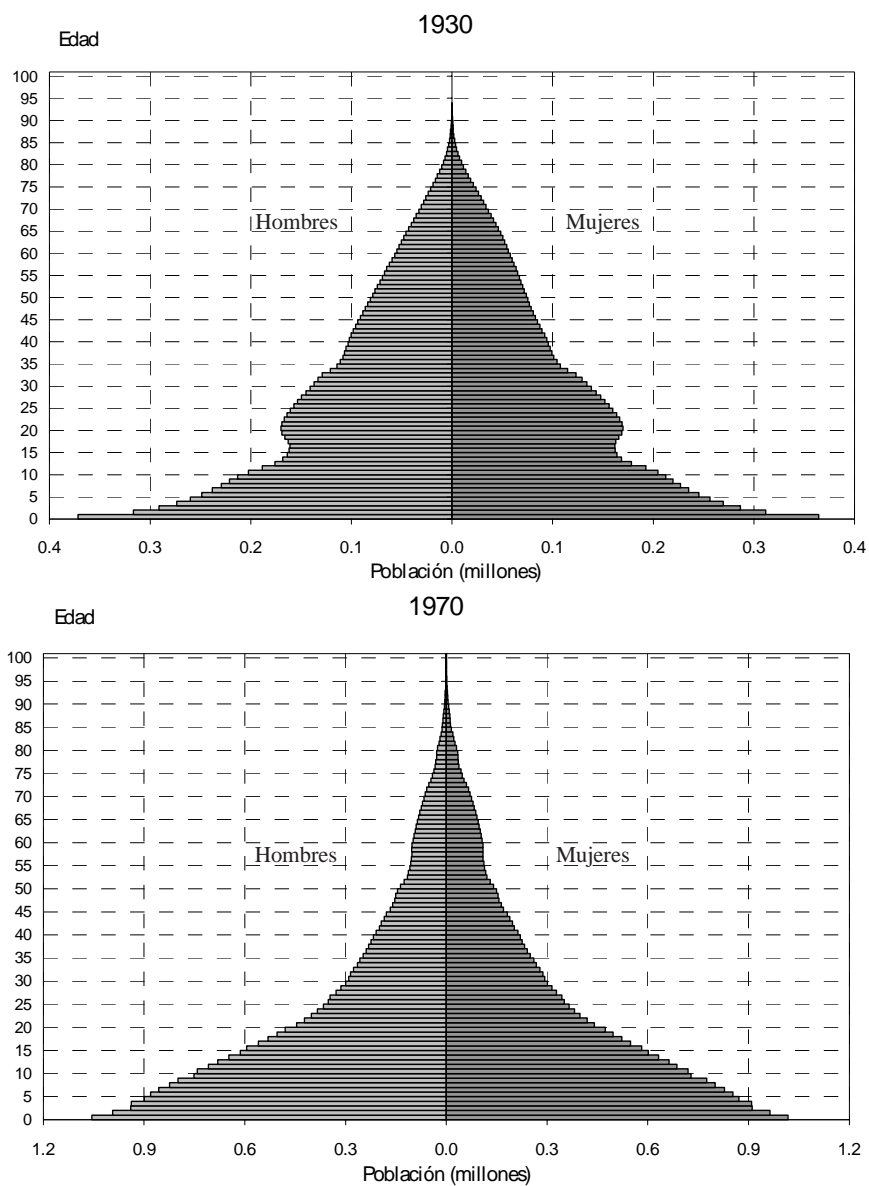
Las diferentes fases de la transición demográfica han quedado impresas en la estructura por edad de la población mexicana, como podemos ver en la sucesión de pirámides de edades en la gráfica 5. La conjunción de una mortalidad descendente y una fecundidad alta y ascendente causó un rápido rejuvenecimiento entre 1930 y 1970; la franca disminución de la fecundidad en los siguientes treinta años propició una reducción progresiva de la base de la pirámide.

<sup>1</sup> La meta fue propuesta en 1995 dentro del Programa Nacional de Población 1995-2000 y se retiene en el Programa Nacional de Población 2001-2006.

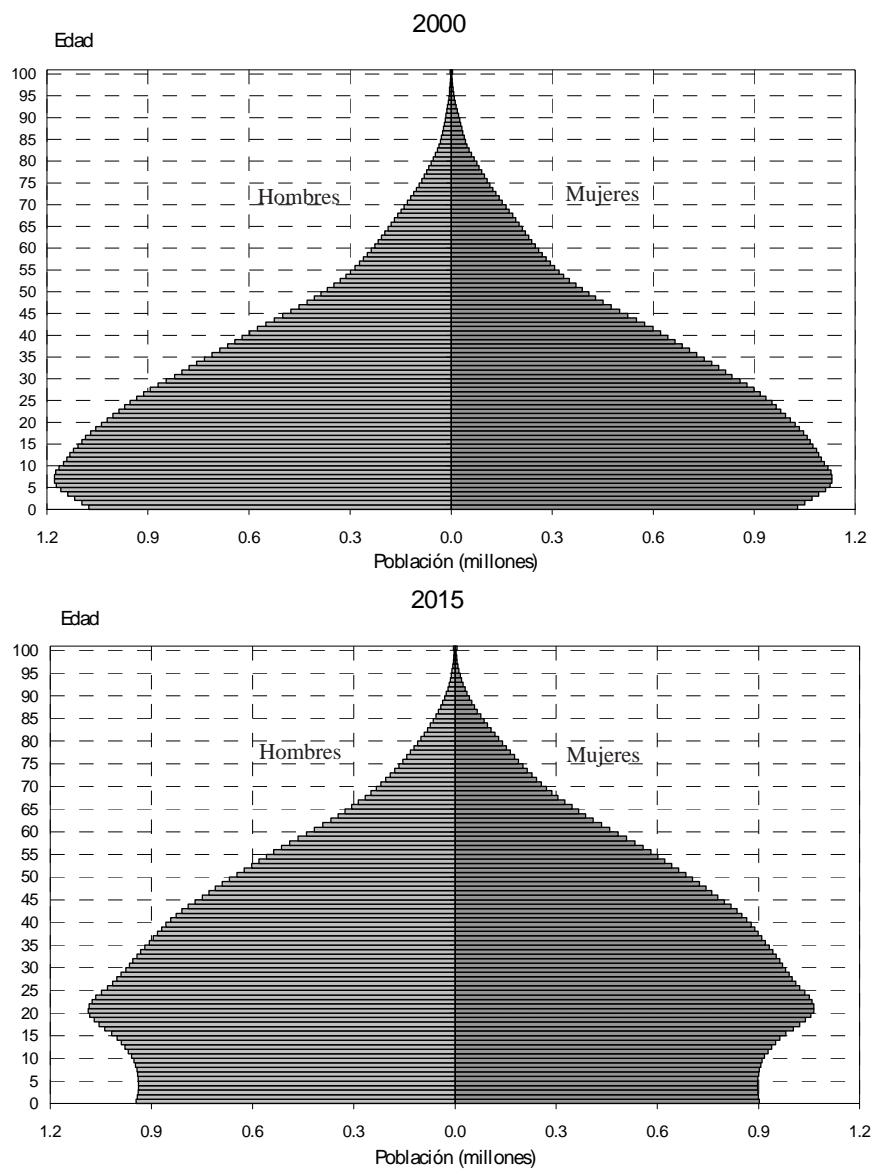
<sup>2</sup> Se estima que la TGF se redujo aproximadamente 0.47 hijos, correspondiente a un decremento anual de 0.09 hijos. La consecución del reemplazo demográfico en 2005 implicará una reducción anual menor de la TGF a partir de 2000.



GRÁFICA 5  
MÉXICO: PIRÁMIDES DE EDAD PARA AÑOS SELECCIONADOS, 1930-2050

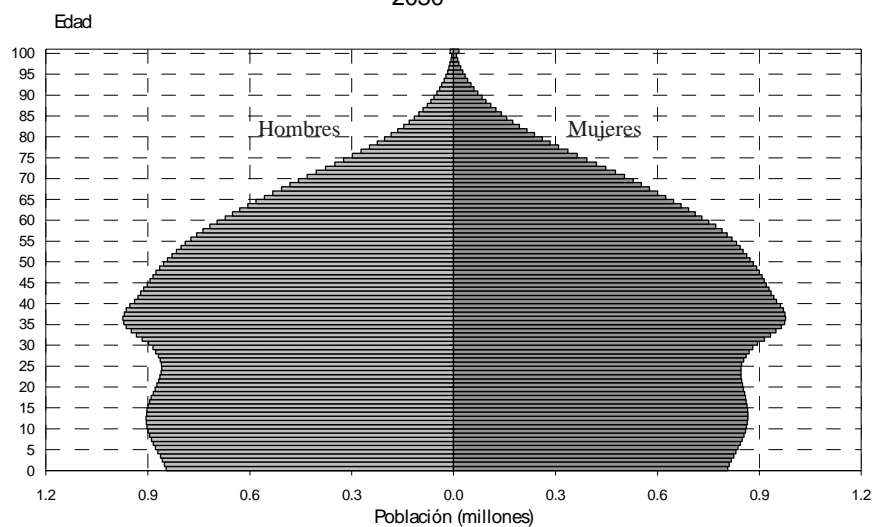


GRÁFICA 5  
MÉXICO: PIRÁMIDES DE EDAD PARA AÑOS SELECCIONADOS, 1930-2050  
(CONTINUACIÓN)

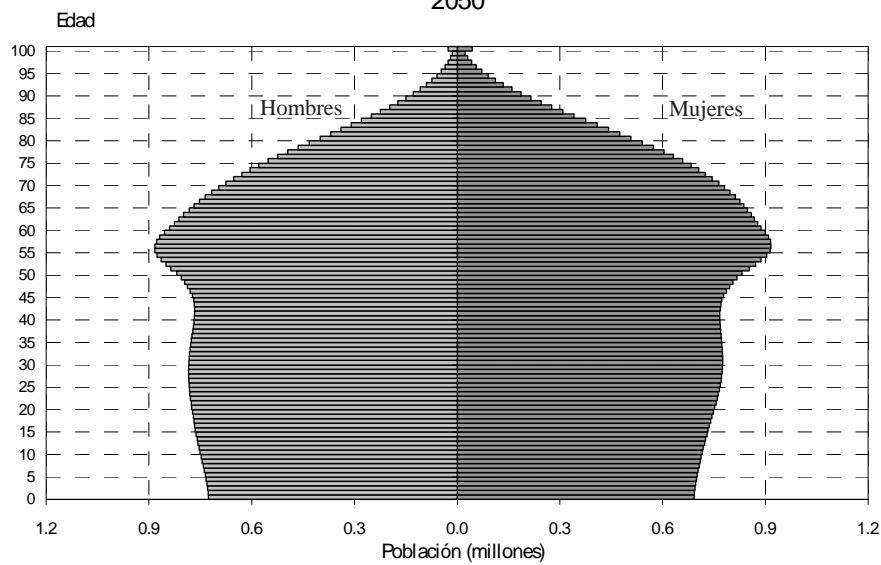


GRÁFICA 5  
MÉXICO: PIRÁMIDES DE EDAD PARA AÑOS SELECCIONADOS, 1930-2050  
(CONTINUACIÓN)

2030



2050



Las proyecciones demográficas indican que este proceso se recrudecerá en las próximas cinco décadas. La contracción de la pirámide será cada vez más notoria, no sólo en términos relativos, sino incluso en absolutos, y la inercia del rápido crecimiento del pasado se hará evidente en la senectud (60 años o más) conforme avance el presente siglo. La población de la tercera edad se mantendrá en continuo crecimiento, aumentando 76.3 por ciento de 2000 a 2015, 83.3 por ciento en los tres lustros siguientes y 63.2 por ciento en los últimos dos decenios. Así, el número de los adultos mayores del país más que se cuadruplicarán al pasar de 6.7 millones en 2000 a 36.5 millones en 2050.

### **La contribución del cambio demográfico al crecimiento de los adultos mayores**

El envejecimiento de la población mexicana, iniciado hace ya algunos años, se acelerará significativamente en el presente siglo. En 2000, las personas de 60 años o más representaban 6.8 por ciento de la población total del país y se espera serán 28.0 por ciento en 2050, como se puede ver en el cuadro 1. De acuerdo con la revisión de 2002 de las estimaciones y proyecciones de la División de Población de las Naciones Unidas, la proporción de población envejecida para las regiones más desarrolladas del mundo habría aumentado de 11.7 por ciento en 1950 a 32.3 por ciento en 2050. Así, el proceso que a los países más desarrollados les consumirá un siglo (incrementar la proporción en casi 21 puntos porcentuales), a México le tomará la mitad del tiempo.

El proceso de envejecimiento se puede ver de manera más precisa mediante el cambio global de la población por sexo y edad, como se muestra en las pirámides de edades superpuestas de la gráfica 6, que corresponden a los momentos extremos de la proyección. El envejecimiento de la población se puede ver en el hecho que la pérdida neta de 12.0 millones de niños y jóvenes menores de quince años se ve casi equiparada con la ganancia de 12.3 millones en las primeras diez edades de la senectud (60-69 años); o bien, la reducción de 6.5 millones en las primeras dieciocho edades laborales (15-32 años) se compensa con el incremento de 6.8 millones de las siguientes diecisiete (33-49 años).

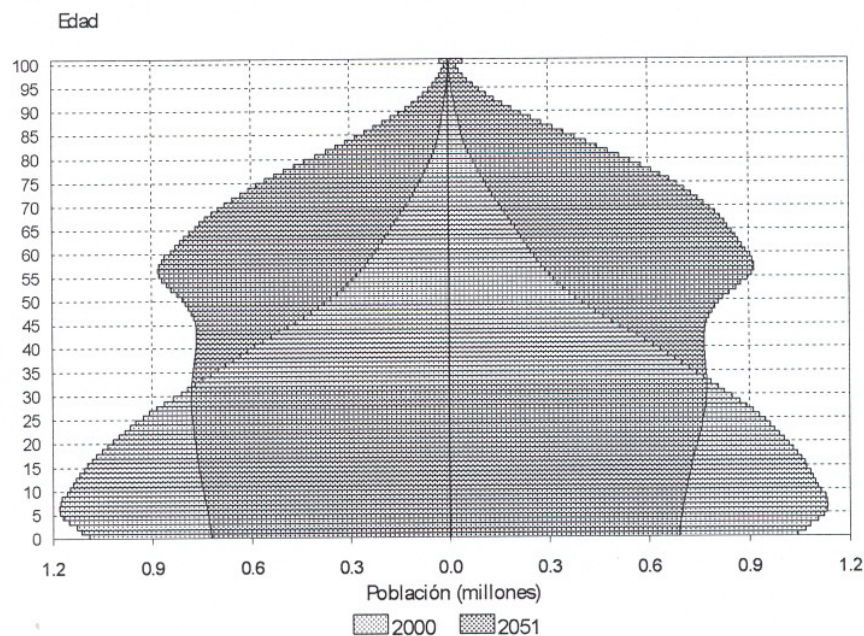
CUADRO 1  
MÉXICO: CONTRIBUCIÓN DEL CAMBIO DEMOGRÁFICO AL  
CRECIMIENTO DE LOS ADULTOS MAYORES DE 2000 A 2050, DE  
ACUERDO CON LOS TRES PERIODOS DISTINTIVOS DE LAS ETAPAS  
DE LA TRANSICIÓN DEMOGRÁFICA

Periodo de cambio	Total	Edad	
		60 o más	0-59
<i>Población a principio de año</i>			
2000	99 929 495	6 752 115	93 177 380
2051	129 480 027	36 488 325	92 991 702
Cambio absoluto*	29 550 532	29 736 210	- 185 678
Cambio relativo	29.6	440.4	-0.2
<i>Contribución total</i>			
Total	29 547 562	29 732 281	- 184 719
1890-1969	38 470 126	22 658 345	15 811 781
1970-1999	2 345 023	3 511 832	-1 166 809
2000-2050	-11 267 587	3 562 104	-14 829 691
<i>Natalidad</i>			
Total	8 138 009	20 974 104	-12 836 095
1890-1969	33 378 322	18 381 567	14 996 755
1970-1999	-6 794 642	2 592 537	-9 387 179
2000-2050	-18 445 671		-18 445 671
<i>Mortalidad</i>			
Total	25 030 877	11 722 937	13 307 940
1890-1969	7 349 901	5 075 388	2 274 513
1970-1999	11 389 145	3 567 373	7 821 772
2000-2050	6 291 831	3 080 176	3 211 655
<i>Migración internacional</i>			
Total	-3 621 324	-2 964 760	- 656 564
1890-1969	-2 258 097	- 798 610	-1 459 487
1970-1999	-2 249 480	-2 648 078	398 598
2000-2050	886 253	481 928	404 325

\* Las diferencias con respecto a la suma de las contribuciones se debe a aproximaciones en el método utilizado.

Fuente: Estimaciones y proyecciones del Consejo Nacional de Población.

GRÁFICA 6  
MEXICO: PIRÁMIDES DE EDADES A PRINCIPIO DE AÑO,  
2000 Y 2051



La contribución del cambio de cada fenómeno demográfico al proceso de envejecimiento es más clara si separamos las tendencias de la natalidad, la mortalidad y la migración en tres periodos que corresponden aproximadamente a las etapas de la transición demográfica de México: el rápido crecimiento demográfico (hasta 1969); el descenso de la fecundidad (1970-1999) y la convergencia de los fenómenos (2000-2050).

En el cuadro 1, el aporte de cada uno de los fenómenos demográficos al crecimiento de la población se descompone en los tres periodos.<sup>3</sup> Otra forma de apreciar el rápido envejecimiento del país se tiene al observar que el acrecentamiento del total de 29.6 millones habitantes corresponderá íntegramente a las personas de la tercera edad, ya que el monto de los menores de 60 años prácticamente será igual al cabo de la primera mitad del presente siglo (una leve reducción de casi 186 mil personas).

<sup>3</sup> Las estimaciones se hicieron a partir del procedimiento sugerido por Horiuchi (1988). Véase el anexo metodológico para el procedimiento seguido.

La manera de interpretar las cifras del cuadro 1 es la siguiente. Consideremos el primer periodo de la transición demográfica, es decir, de 1890 a 1969. Debido al cambio en los niveles de fecundidad al cabo de esas ocho décadas (véase la gráfica 4), se espera que la población envejecida se acreciente en 18 381 567 personas durante la primera mitad del presente siglo, como se puede ver en la columna central del panel intermedio del cuadro 1. Por el contrario, si la tasa global de fecundidad de 6.2 hijos en los albores del siglo XX hubiera permanecido invariable hasta 1969, el incremento de 29.7 millones de adultos mayores se habría visto reducido en esos 18.4 millones y sólo hubiera sido de 11.4 millones. Por el contrario, debido a que el descenso de la fecundidad previsto de 2000 a 2050 sólo impacta en los menores de 50 años durante la proyección, es que su aporte al envejecimiento es nulo. De la misma manera se interpreta las demás cifras del cuadro 1.

La contribución de la fecundidad y la mortalidad al crecimiento de los adultos mayores, entre inicios de 2000 y de 2051, es positiva en las tres etapas de la transición demográfica.<sup>4</sup> No obstante, en la población total (primera columna del cuadro 1) se advierte que el aporte de la natalidad transita de positivo a negativo a partir de 1970 (de 33.4 millones a -6.8 y -18.4 millones), consecuencia directa del notable descenso de la fecundidad y, por ende, de la progresiva contracción de la pirámide de edades por debajo de 60 años. El alargamiento de la supervivencia, por su parte, se traduce desde 1970 en un incremento de más de 17.7 millones de personas, sobre todo en las tres últimas décadas del siglo pasado, que es de 11.4 millones y que nuevamente se concentra en los individuos de 0 a 59 años de edad (7.8 millones). En suma, el impacto de la política pronatalista —que equivale a más de 40 millones de mexicanos—<sup>5</sup> prevalecerá hasta mediados del presente siglo; sin embargo, se verá reducido a poco más de 33 millones, debido a que los logros en materia de salud general desde 1970 (17.7 millones) compensarán, en buena medida, el avance de los programas de planificación familiar (reducción de 25.2 millones) en la segunda y tercera fases de la transición demográfica.

La alta fecundidad del pasado (1890-1969) contribuirá con 61.8 por ciento (18.4 millones) al crecimiento proyectado del número de adultos mayores de 2000 a 2050 (29.8 millones). Esta aportación se neutraliza en el aumento total de la población con la reducción de 18.4 millones de personas de 0 a 59 años de

<sup>4</sup> Realmente nula el aporte de la natalidad en la tercera etapa.

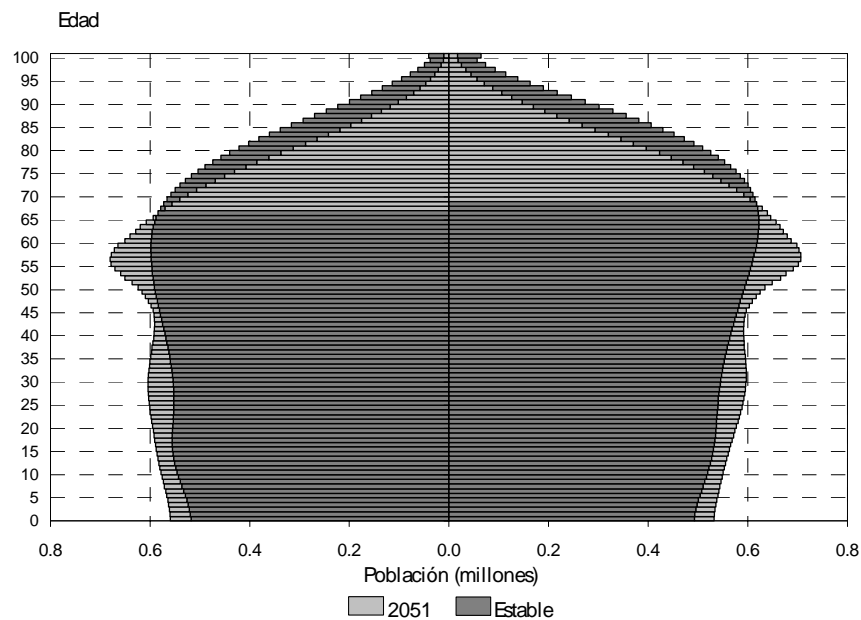
<sup>5</sup> La suma de 33.4 millones debidos a la natalidad y 7.3 millones a la mortalidad de 1890 a 1969, como se puede ver en la primera columna de los paneles respectivos del cuadro 1.

### La transición demográfica y el proceso de envejecimiento en México /V. Partida

edad, debida a la fecundidad por debajo del reemplazo durante la mayor parte de la primera mitad de este siglo.

Aunque la reducción global del riesgo de muerte es el mismo (74 por ciento) para los dos intervalos de ochenta años (1890-1969 y 1970-2050), su participación en el crecimiento de ambos grupos etarios es más grande a partir de 1970 (6.6 millones para los adultos mayores y 11.0 millones para las personas de 0 a 59 años) que antes (5.1 y 2.3 millones, respectivamente). Vemos como, mientras los adultos mayores se benefician más de los cambios en la mortalidad previos a 1970, los menores de 60 años se favorecen de la evolución de 1970 a 1999.

GRÁFICA 7  
MEXICO: PIRÁMIDES DE EDADES A PRINCIPIOS DE 2051  
Y POBLACIÓN ESTABLE ASOCIADA



El comportamiento del aporte de la migración internacional pudiera parecer contradictorio, dado que uno esperaría que siguiera siendo negativo —como el procedente del siglo XX— y no positivo. Esto se debe a que, en las proyecciones oficiales vigentes, se supone que las tasas de migración hacia Estados Unidos



y de retorno a México, observadas en 1995-2000, permanecerán invariables a lo largo de la proyección. Como las segundas son más altas que las primeras, el efecto combinado es hacia la reducción de la tasa neta, aunque negativa todo el tiempo, que se traduce en una reducción de una pérdida 390 mil en 2000 a una de 303 mil en 2050, o bien, en un incremento de 886 mil habitantes.

En conclusión, el proceso de envejecimiento actual descansa principalmente en la fecundidad alta del pasado; sin embargo, la reducción de la mortalidad y la incidencia de la migración marcarán la pauta en el futuro distante, principalmente más allá de 2050. Este hecho se aprecia en la gráfica 7, donde se contrastan la pirámide de edades al 1o. de enero de 2051 con la que eventualmente se alcanzaría en la estabilidad, si permanecieran invariables las condiciones demográficas previstas para 2050. Se advierte que la estructura por edad de la población experimentará pocos cambios después de mediados del presente siglo; acaso destaca la eliminación del último vestigio del acelerado crecimiento de las generaciones nacidas durante la segunda mitad del siglo xx: la saliente entre 45 y 65 años en 2051.

### Anexo metodológico

El método se basa en un viejo principio demográfico: la población de edad  $x$  al tiempo  $t$  es igual a los nacimientos ocurridos en  $t-x$  más la historia de mortalidad y migración de la cohorte. Así, el incremento en la población de cierta edad en dos momentos en el tiempo es igual a la suma de las diferencias de los nacimientos y las historias de mortalidad y migración de las dos cohortes. Horiuchi (1988) presentó originalmente el resultado, aquí se reconstruye su formulación, utilizando algunos resultados de Horiuchi y Preston (1988).

Sea  $\mu(x)$  la tasa instantánea de mortalidad (fuerza de mortalidad) a la edad  $x$ . Es bien conocido que la proporción de supervivencia del nacimiento a la edad  $a$  en la cohorte de la tabla de vida está dada por:

$$p(a) = \frac{\ell_a}{\ell_0} = \exp \left\{ - \int_0^a \mu(x) dx \right\}$$

donde  $\ell_a$  son los sobrevivientes a la edad  $a$  de  $\ell_0$  nacimientos. De manera análoga, para la cohorte real nacida en  $t-a$ , en ausencia de migraciones, la proporción es:

$$s(a, t) = \exp \left\{ - \int_0^a \mu(x, t - a + x) dx \right\}$$

donde ahora  $\mu(x, t)$  es la tasa instantánea de mortalidad (fuerza de mortalidad) a la edad  $x$  al tiempo  $t$ . El signo negativo en la exponencial del lado derecho se debe a que la tasa es positiva y la mortalidad reduce la cohorte. Para agregar el efecto de la migración internacional utilizamos la tasa instantánea migración neta, cuyo valor es positivo si hay ganancia neta o negativo si hay pérdida neta; así, esta tasa se suma en la exponencial del lado derecho:

$$s(a, t) = \exp \left\{ - \int_0^a \mu(x, t - a + x) dx + \int_0^a \eta(x, t - a + x) dx \right\} \quad (1)$$

Sea ahora  $P(a, t)$  la densidad anual de población de edad exacta  $a$  al tiempo  $t$  y  $B(t - a)$  la densidad anual de nacimientos al momento  $t - a$ , claramente:

$$P(a, t) = B(t - a) s(a, t)$$

Similar a la tasa de mortalidad, la tasa instantánea de crecimiento es la derivada del logaritmo natural de la población, es decir,

$$r(a, t) = \frac{\partial}{\partial t} \ln \{ P(a, t) \}$$

entonces:

$$r(a, t) = \frac{\partial}{\partial t} \ln \{ B(t - a) s(a, t) \} \quad (2)$$

$$= r_B(t - a) - \int_0^a \frac{\partial}{\partial t} \mu(x, t - a + x) dx + \int_0^a \frac{\partial}{\partial t} \eta(x, t - a + x) dx$$

donde  $r(a, t)$  es la tasa de crecimiento de la población de edad  $a$  al tiempo  $t$ ,  $r_B(t - a)$  es la tasa de crecimiento de los nacimientos al tiempo  $t$ :

$$r_B(t) = \frac{\partial}{\partial t} \ln \{ B(t) \}$$

y por (1) la derivada del logaritmo natural de  $s(a, t)$  con respecto al tiempo es:

$$\frac{\partial}{\partial t} \ln\{s(a, t)\} = -\int_0^a \frac{\partial}{\partial t} \mu(x, t-a+x) dx + \int_0^a \frac{\partial}{\partial t} \eta(x, t-a+x) dx$$

Si multiplicamos ambos lados de (2) para la población al momento  $t$ , tenemos el aumento absoluto de la población de edad  $a$ :

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} P(a, t) &= P(a, t) r(a, t) \\ &= P(a, t) r_B(t-a) - P(a, t) \int_0^a \frac{\partial}{\partial t} \mu(x, t-a+x) dx + P(a, t) \int_0^a \frac{\partial}{\partial t} \eta(x, t-a+x) dx \end{aligned} \quad (3)$$

Se puede reconocer la contribución del cambio de la natalidad en el primer término del lado derecho de la segunda igualdad, la mejora de la mortalidad entre las cohortes en el segundo término y la participación del cambio de la migración neta en el tercero.

La versión discreta de la ecuación (3) es:

$$\begin{aligned} \Delta_t P_a(t) &= P_a(t+1/2) r_B(t-a) \\ &\quad - P_a(t+1/2) \sum_{x=0}^a \Delta_t M_x(t-a+x) \\ &\quad + P_a(t+1/2) \sum_{x=0}^a \Delta_t N_x(t-a+x) \end{aligned} \quad (4)$$

### La transición demográfica y el proceso de envejecimiento en México /V. Partida

donde  $P_a(t)$  es la población de edad cumplida  $a$  al tiempo  $t$ ,  $M_x(t)$  y  $N_x(t)$  son las tasas de mortalidad y migración neta, respectivamente, de edad cumplida  $x$  en el año que empieza en  $t$  y  $r_b(t)$  es la tasa de crecimiento de los nacimientos:

$$r_b(t) = \ln\{B_t / B_{t-1}\}$$

con  $B_t$  el número de nacimientos ocurridos en el año que inicia en  $t$ .

### Bibliografía

COLLVER, A., 1965, *Births rates in Latin America: new estimates of historical trends and fluctuations*, Universidad de California, Berkeley.

CONAPO, 2002, *Proyecciones de la población de México 2000-2050*, México.

HORIUCHI, S., 1988, *Assesing effects of mortality reduction on population aging: an analysis of the elderly female population in Japan*, Documento presentado en el Seminario sobre Transición de la Mortalidad en Asia del Este y Sudasia, celebrado del 29 de agosto al 2 de septiembre de 1988 en Pekín.

PARTIDA, V., 2003, *Proyecciones de la población de México, de las entidades federativas, de los municipios y localidades, 2000-2050 (documento metodológico)*, México.

UNITED NATIONS, 2002, *Completing the fertility transition*, ESA/P/WP.172, Nueva York.

ZAVALA, M. E., 1989, "Dos momentos en la transición demográfica", en *Demos*, 6-7. México.