

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS



EVALUACION DE PROYECCIONES DE MORTALIDAD

MEDIANTE EL INDICE H DE KEYFITZ

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

ACTUARIO

PRESENTA

PATRICIA FERNANDEZ HAM

DIRECTOR: VIRGILIO PARTIDA B.

MEXICO, D. F.

ENERO DE 1982



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

INTRODUCCION	4
CAPITULO I	
LA TABLA DE VIDA Y LA FUERZA DE MORTALIDAD	6
1.1 TABLA DE VIDA	6
1.1.1 FUNCIONES DE LA TABLA DE VIDA	7
1.2 FUERZA DE MORTALIDAD	10
1.3 FUNCIONES DE LA TABLA DE VIDA Y LA FUERZA DE MORTALIDAD	13
CAPITULO II	
EL INDICE H DE KEYFITZ Y SUS APLICACIONES	16
2.1 CAMBIOS EN LA MORTALIDAD	17
2.2 EL CAMBIO EN LA FUERZA DE MORTALIDAD Y LA ESPERANZA DE VIDA	20
2.2.1 CAMBIO CONSTANTE EN $\mu(x)$. $(\mu^*(x) = \mu(x) + \delta)$	20
2.2.2 CAMBIO PORCENTUAL UNIFORME EN $\mu(x)$. $(\mu^*(x) = \mu(x)(1 + \delta))$	23
2.3 EL INDICE DE CAMBIO H.	27
2.4 EL CASO DISCRETO.	33

CAPITULO III

EVALUACION DE UNA PROYECCION MEXICANA DE MORTALIDAD ...	37
3.1 VALIDEZ DEL SUPESTO DE UNIFORMIDAD	
PORCENTUAL E 1 PERIODOS PROLONGADOS	38
3.2 EL INDICE H EN LA PROYECCION DE LA	
MORTALIDAD MEXICANA 1970-2000	53
CONCLUSIONES	65
BIBLIOGRAFIA	67
ANEXO	69

INTRODUCCION

La planificación, en cualquier campo, debe contemplar fundamentalmente los antecedentes explicativos de la situación actual y con base en ellos plantear objetivos y alternativas de acción para el futuro, de acuerdo con los recursos que se tengan y las políticas establecidas.

El uso de modelos analíticos permite aclarar y resumir los antecedentes históricos de los principales elementos que condicionan el comportamiento futuro del fenómeno estudiado, estos modelos son representaciones abstractas de la realidad, interrelacionan las principales variables que afectan, o se ven afectadas por el fenómeno. Y con base en éste instrumento es posible, por medio de la simulación, hacer proyecciones a futuro.

La importancia de las proyecciones de población es indiscutible en cualquier plan de desarrollo económico y social. La población futura no es sólo una masa de individuos a la que deberemos satisfacer en sus necesidades, sino que es un recurso que se debe tomar en cuenta para el desarrollo de un país. El tamaño y la composición de la población determina necesidades y recursos; el crecimiento y la distribución de la población conforman situaciones demográficas, económicas y so-

ciales sobre las que hay que tomar decisiones que permitan la continuación del desarrollo.

Ahora bien, una proyección de población es una predicción de lo que sucederá en el futuro si continúan ciertas condiciones, ya sean estas existentes o hipotéticas. De aquí que sea esencial disponer de datos históricos que permitan hacer una estimación del comportamiento futuro de los fenómenos demográficos. Por otra parte, si se dispone de una proyección de población es importante contar con herramientas que permitan revisar las hipótesis, de las perspectivas futuras en mortalidad, fecundidad y migración, establecidas a partir de la tendencia pasada de los fenómenos demográficos.

En el presente trabajo planteo un método que permite hacer una evaluación rápida y sencilla de las proyecciones de mortalidad. Analizo la tendencia de la mortalidad a través de un índice desarrollado por Keyfitz (1) que resume el estado del fenómeno en un momento dado en el tiempo; por último presento su aplicación en el caso de la proyección de la mortalidad mexicana realizada por Cabrera y Ordorica en Proyecciones de la población mexicana 1970-2000. (2)

1) Keyfitz Nathan, Applied Mathematical Demography, Cap. III, Wiley & Sons, New York, 1977, pp. 62-71.

2) Cabrera Gustavo y Ordorica Manuel, Tablas de mortalidad proyectadas de 1970 a 2000, en Proyecciones de la población Mexicana 1970-2000, Cap II, S.P.P.

CAPITULO I.

LA TABLA DE VIDA Y LA FUERZA DE MORTALIDAD.

El presente capítulo tiene por objeto dilucidar los principales conceptos de la tabla de vida, la cual es un modelo analítico básico en el estudio de la mortalidad, y es el punto de partida para otros modelos de población que involucran la mortalidad.

1.1 TABLA DE VIDA.

La tabla de vida (3) es un modelo probabilístico que muestra el comportamiento de la mortalidad de una población, en un momento determinado en el tiempo. Es también, un modelo de población que representa la forma en la cual un conjunto de personas que nacieron en un mismo período de tiempo (cohorte) se van muriendo hasta extinguirse.

Su principal ventaja con respecto a otros modelos de medición de la mortalidad, es que deja fuera los efectos de la distribución por edad de la población, y, por lo tanto, no requiere de estandarizaciones para hacer comparaciones en el tiempo o en el espacio.

3) En el desarrollo del trabajo sólo se hace referencia a tablas de vida de momento.

1.1.1 Funciones de la tabla de vida.

Una tabla de vida consta de las siguientes funciones:

- 1) $l(x)$ sobrevivientes en la cohorte ficticia a edad exacta x ; cuyo efectivo inicial o r dix es $l(0)$.

Si hacemos $l(0)$ igual a 1, entonces $l(x)$ nos dará la probabilidad de sobrevivir desde el nacimiento hasta la edad exacta x . En lo sucesivo, a menos que se indique lo contrario, se tomar  $l(0)=1$.

- 2) ${}_n d_x$ defunciones entre las edades exactas $x, x+n$. Número de personas que del total de sobrevivientes en la edad exacta x ($l(x)$) mueren antes de alcanzar la edad $x+n$.

$${}_n d_x = l(x) - l(x+n) \quad (1.1.1)$$

- 3) ${}_n q_x$ probabilidad que tiene una persona de edad exacta x de fallecer antes de alcanzar su aniversario $x+n$.

$${}_n q_x = \frac{{}_n d_x}{l(x)} \quad (1.1.2)$$

- 4) ${}_n p_x$ probabilidad que tienen los individuos $l(x)$ de sobrevivir n años más.

$${}_n p_x = (1 - {}_n q_x) \quad (1.1.3)$$

6

$${}_n p_x = ({}_1 p_x) ({}_1 p_{x+1}) \dots ({}_1 p_{x+n-1}) \quad (1.1.4)$$

6

$${}_n p_x = \frac{\ell(x+n)}{\ell(x)} \quad (1.1.5)$$

- 5) ${}_n L_x$ años vividos entre las edades x y $x+n$. Número de años-persona (4) que vivirán los sobrevivientes a la edad exacta x , entre esta edad y $x+n$. En continuo tenemos

$${}_n L_x = \int_x^{x+n} \ell(a) da \quad (1.1.6)$$

- 6) ${}_n M_x$ tasa de mortalidad. Es la razón entre el número de defunciones ocurridas en el período en estudio (${}_n D_x$) entre las edades x y $x+n$, y la población a mediados del período (${}_n P_x$), entre las mismas edades.

$${}_n M_x = \frac{{}_n D_x}{{}_n P_x} \quad (1.1.7)$$

- 6) ${}_n m_x$ tasa de mortalidad de tabla. Es la razón entre defunciones de tabla, entre x y $x+n$, y los años persona vividos en esas mismas edades.

$${}_n m_x = \frac{{}_n d_x}{{}_n L_x} \quad (1.1.8)$$

- 4) Años persona es el tiempo vivido -- contabilizado en años calendario -- por un individuo entre una edad x y $x+n$ en el período estudiado

- 7) T_x años que se espera vivirán los sobrevivientes a edad x , entre esta edad y ω . Donde ω es la edad en que la cohorte se extingue. $l(\omega)=0$.

$$T_x = \int_x^{\omega} l(a) da \quad (1.1.9)$$

que en continuo es

$$T_x = {}_{\omega-x}L_x = \int_x^{\omega} l(a) da \quad (1.1.10)$$

- 8) e_x esperanza de vida a la edad x . Representa el número promedio de años que le resta por vivir a una persona de edad exacta x .

$$e_x = \frac{T_x}{l(x)} = \frac{\int_x^{\omega} l(a) da}{l(x)} \quad (1.1.11)$$

Cuando x es cero, es decir, cuando se toma la esperanza de vida al nacimiento, se hace referencia a la edad promedio en la que ocurren las defunciones. La esperanza de vida al nacer representa entonces el promedio de años que se espera vivirá un recién nacido, si estuviera sujeto a la mortalidad registrada en la población, durante el período en estudio.

1.2 FUERZA DE MORTALIDAD

La tasa de mortalidad mide la frecuencia de muertes en un período determinado en relación al total de individuos. Una tasa de mortalidad se define como la razón del número de muertes a el número de años persona vividos durante el período de referencia.

Las tasas de mortalidad se pueden calcular por grupos de edad y sexo, y siempre tendrán dimensión anual, por lo que expresan promedios anuales per cápita. Como es evidente, la mortalidad se puede referir a lapsos muy pequeños de tiempo, y existe una función que expresa la mortalidad en continuo que se denota por el símbolo $\mu(x)$, conocida como fuerza de mortalidad o tasa instantánea de mortalidad.

La tasa instantánea de mortalidad $\mu(x)$ mide la mortalidad en el instante de la edad exacta x ; por lo tanto, es el límite de la tasa de mortalidad entre x y $x+n$ cuando n es tan pequeño que es un instante, es decir

$$\mu(x) = \lim_{n \rightarrow 0} m_{n,x} \quad (1.2.1)$$

como, (ecuación 1.1.8):

$$n^m_x = \frac{n^d_x}{n^L_x}$$

tenemos

$$\mu(x) = \lim_{n \rightarrow 0} \frac{n^d_x}{n^L_x}$$

es decir, es el límite de la razón entre las personas fallecidas en el curso del período en estudio, y los años persona vividos en ese período, entre las edades x y $x+n$ cuando n tiende a cero.

Por definición los años persona vividos entre x y $x+n$ son

$$\begin{aligned} n^L_x &= \int_x^{x+n} l(a) da \\ &= n l(\xi) \end{aligned}$$

donde ξ es un valor medio tal que $x \leq \xi \leq x+n$. Por lo que

$$l(x) \leq l(\xi) \leq l(x+n)$$

y como

$$n^d_x = \ell(x) - \ell(x+n)$$

substituyendo

$$\begin{aligned} \mu(x) &= \lim_{n \rightarrow 0} \frac{\ell(x) - \ell(x+n)}{n \ell(\xi)} \\ &= \lim_{n \rightarrow 0} \frac{1}{\ell(\xi)} \lim_{n \rightarrow 0} \frac{\ell(x) - \ell(x+n)}{n} \end{aligned}$$

Por el teorema de límites de funciones en intervalos abiertos, tenemos que

$$\text{si } \lim_{n \rightarrow 0} \ell(x+n) = \ell(x)$$

$$\text{y como } \lim_{n \rightarrow 0} \ell(x) = \ell(x)$$

$$\Rightarrow \ell(\xi) = \ell(x)$$

y como

$$\frac{\ell(x) - \ell(x+n)}{n} = - D_x \ell(x)$$

entonces

$$\lim_{n \rightarrow 0} \frac{1}{\ell(\xi)} \lim_{n \rightarrow 0} \frac{\ell(x) - \ell(x+n)}{n} = \frac{1}{\ell(x)} \{-D_x \ell(x)\}$$

$$\mu(x) = -D_x \ln \ell(x) \quad (1.2.2)$$

$$= \frac{-D_x \ell(x)}{\ell(x)}$$

$$\mu(x) = \frac{-\ell'(x)}{\ell(x)} \quad (1.2.3)$$

que nos representa la pérdida instantánea de personas vivas a edad exacta x .

1.3 FUNCIONES DE LA TABLA DE VIDA, Y LA FUERZA DE MORTALIDAD

Tenemos que

$$\begin{aligned} -\int_x^{x+n} \mu(a) da &= \int_x^{x+n} D_a \ln \ell(a) da \\ &= \ln \ell(a) \Big|_x^{x+n} \\ &= \ln \ell(x+n) - \ln \ell(x) \end{aligned}$$

$$-\int_x^{x+n} \mu(a) da = \ln \frac{l(x+n)}{l(x)} \quad (1.3.1)$$

y como ${}_n p_x$, probabilidad de sobrevivir de x a $x+n$, es

$${}_n p(x) = \frac{l(x+n)}{l(x)}$$

entonces

$${}_n p(x) = e^{-\int_x^{x+n} \mu(a) da} \quad (1.3.2)$$

De la definición de ${}_n p(x)$, tenemos que:

$${}_x p(0) = p(x) = \frac{l(x)}{l(0)} = e^{-\int_0^x \mu(a) da}$$

de donde

$$l(x) = l(0) e^{-\int_0^x \mu(a) da} \quad (1.3.3)$$

Como la esperanza de vida es el promedio de tiempo vivido, ponderado por el número de defunciones a edad exacta $d(a)$, tenemos

$$e_0 = \frac{\int_0^{\omega} a d(a) da}{\int_0^{\omega} d(a) da} \quad (1.3.4)$$

como $d(a) = \lim_{n \rightarrow 0} n^d x = -l'(x)$

$$e_0 = \frac{-\int_0^\omega a l'(a) da}{-\int_0^\omega l'(a) da}$$

$$= \frac{\int_0^\omega a l'(a) da}{\int_0^\omega l'(a) da}$$

integrando por partes tenemos que:

$$\int_0^\omega a l'(a) da = a l(a) \Big|_0^\omega - \int_0^\omega l(a) da$$

$$= -\int_0^\omega l(a) da$$

y $\int_0^\omega l'(a) da = l(a) \Big|_0^\omega = -l(0)$

con lo cual

$$e_0 = \frac{\int_0^\omega l(a) da}{l(0)}$$

$$= \int_0^\omega l(a) da$$

CAPITULO II.

EL INDICE H DE KEYFITZ Y SUS APLICACIONES.

Seguir la trayectoria de un fenómeno a través del tiempo, implica la utilización de una medida que refleje de la manera más pura sólo los cambios del fenómeno en estudio, y que no esté influenciada por la composición o estructura de la población en los diferentes momentos comparados.

Es deseable que la medida elegida para la comparación a través del tiempo, sea de fácil cálculo, utilice información disponible, y resuma en una cifra el nivel alcanzado por el fenómeno. En este caso, un número índice nos puede ser de gran utilidad.

Los números índice son medidas resumen comparativas que, generalmente, no tienen valor intrínseco, y se usan como indicadores de los cambios en el espacio o a través del tiempo.

El índice H de Keyfitz, construido a partir de la composición de la mortalidad por edad en un momento en el tiempo, es un índice que nos muestra el grado de concavidad de la curva $l(x)$; o bien, el cambio que correspondería en la esperanza de vida si se produjeran cambios constantes en la mortali-

dad de todas las edades.

El objetivo del presente trabajo consiste en analizar si las tendencias futuras de las ganancias porcentuales en la esperanza de vida al nacimiento, que se esperarían de cambios en $\mu(x)$, son congruentes con las ganancias observadas en el pasado, utilizando para ello la serie cronológica de índices H.

2.1 CAMBIOS EN LA MORTALIDAD.

La curva típica de mortalidad por edad toma valores altos en las primeras edades de la vida, baja rápidamente hacia un mínimo que se alcanza alrededor de los diez años, después aumenta durante la adolescencia en donde encuentra un primer punto máximo, y continua aumentando suavemente en la madurez hasta alcanzar el segundo máximo hacia la senectud.

Las mejoras en las condiciones socio-económicas de una región o país, se reflejan en el descenso de la mortalidad y el desplazamiento de las muertes hacia los últimos años de vida; es decir, el aplazamiento de las muertes prematuras, que resultan en el alargamiento de la vida. Desde luego, esto repercute tanto en el nivel de la curva de mortalidad, como en la forma de ésta.

Las muertes que contribuyen más a la reducción de la esperanza de vida al nacimiento son las muertes de los niños, en especial aquellas comprendidas entre el nacimiento y el quinto año de vida. Cuando las tasas de mortalidad son elevadas, la esperanza de vida al nacimiento es baja. Y bajo estas condiciones una ganancia en las tasas de mortalidad se ve notablemente reflejada en la ganancia en años de la esperanza de vida al nacimiento. Esto se debe principalmente a que cuando el nivel de la curva de mortalidad es elevado, las ganancias más significativas en mortalidad se producen en edades infantiles, y estas, como se mencionó anteriormente, son las que tienen mayor influencia sobre la esperanza de vida.

Si el nivel de la curva de mortalidad es alto, lo más probable es que al descender éste, se modifique también la forma de la curva. Esta modificación en la curva se producirá debido a que en la actualidad, niveles altos de mortalidad solo se presentan bajo condiciones socioeconómicas malas; y de producirse una baja de la mortalidad es probable que provenga de una mejora en dichas condiciones, las cuales se reflejarán en las primeras edades de vida; produciéndose así tanto una baja en el nivel de la curva de mortalidad, como una modificación en su forma. Por otra parte,

cuando el nivel de la curva de mortalidad es bajo, es más probable que las ganancias que se obtengan en mortalidad sean más uniformes en todas las edades, produciéndose menos modificaciones sobre la forma de la curva al descender el nivel de ésta.

Por tanto, habrá ocasiones en las que casi se producirá un cambio constante para todas las edades, como sería el caso de la mortalidad baja; pero habrá ocasiones en que, donde se produzcan las mayores ganancias en el nivel de la mortalidad, sea en donde las tasas específicas por edad sean más elevadas, como sería el caso de mortalidad alta. En éste último caso se producirán cambios más bien proporcionales al nivel de la tasa específica por edad.

Analizaremos dos aspectos del cambio en la mortalidad por edades a través de la fuerza de mortalidad: primero, ¿qué cambio se presenta en la esperanza de vida al nacimiento, dado un cambio constante absoluto en la fuerza de mortalidad en todas las edades?; y, segundo, ¿cuál es éste cambio si se considera un cambio porcentual relativo en la fuerza de mortalidad en todas las edades?.

2.2 EL CAMBIO EN LA FUERZA DE MORTALIDAD Y LA ESPERANZA DE VIDA.

2.2.1 CAMBIO CONSTANTE EN $\mu(x)$. ($\mu^*(x) = \mu(x) + \delta$).

Si suponemos que hay un cambio absoluto δ uniforme en todas las edades x , tendremos una nueva fuerza de mortalidad

$$\mu^*(x) = \mu(x) + \delta \quad (2.2.1)$$

donde $\mu(x)$ es la fuerza de mortalidad inicial y $\mu^*(x)$ la incrementada (5).

La probabilidad de vivir hasta la edad exacta x , dado el cambio en $\mu(x)$ es

$$\begin{aligned} \ell^*(x) &= \exp \left\{ -\int_0^x (\mu(a) + \delta) da \right\} \\ &= \exp \left\{ -\int_0^x \mu(a) da - \int_0^x \delta da \right\} \\ &= \exp \left\{ -\int_0^x \mu(a) da - D \ln \ell(a) da - \int_0^x \delta da \right\} \\ &= \exp \left\{ \ln \ell(a) \Big|_0^x - \delta a \Big|_0^x \right\} \\ &= \exp \left\{ \ln \ell(x) - \ln \ell(0) - \delta x + (\delta)(0) \right\} \end{aligned}$$

5) En el texto se utilizará el termino incremento sin importar si éste es positivo o negativo

$$l^*(x) = \exp \{ \ln l(x) - \delta x \}$$

$$l^*(x) = e^{-\delta x} l(x) \quad (2.2.2)$$

que nos indica que al alterarse en δ la mortalidad, la probabilidad de vivir hasta la edad x se altera en $e^{-\delta x}$. La nueva esperanza de vida al nacimiento e_0^* es entonces,

$$e_0^* = \int_0^{\omega} e^{-\delta x} l(x) dx \quad (2.2.3)$$

Nos interesa conocer el efecto que el cambio δ tendrá sobre la esperanza de vida al nacimiento; así, derivando e_0^* con respecto a δ ,

$$\frac{d e_0^*}{d\delta} = - \int_0^{\omega} x e^{-\delta x} l(x) dx \quad (2.2.4)$$

y, multiplicando y dividiendo por $\int_0^{\omega} l(x) dx$ en el lado derecho

$$\frac{d e_0^*}{d\delta} = \frac{- \int_0^{\omega} x e^{-\delta x} l(x) dx}{\int_0^{\omega} l(x) dx} \int_0^{\omega} l(x) dx ;$$

si $\delta \rightarrow 0$ entonces $e^{-\delta x} \rightarrow 1$ y

$$\frac{de_0^*}{d\delta} \approx \frac{-\int_0^\omega x \ell(x) dx}{\int_0^\omega \ell(x) dx} \int_0^\omega \ell(x) dx$$

y como la edad media de la cohorte de la tabla (\bar{x}) es

$$\bar{x} = \frac{\int_0^\omega x \ell(x) dx}{\int_0^\omega \ell(x) dx}$$

tenemos que

$$\frac{de_0^*}{d\delta} \approx -\bar{x} e_0 \quad (2.2.5)$$

Esto implica que el incremento proporcional en la esperanza de vida se relaciona directamente con el cambio en las tasas y la edad media de la cohorte de la tabla.

De la ecuación (2.2.3) podemos pasar al caso discreto:

$$e_0^* = \int_0^\infty e^{-\delta x} \ell(x) dx = \int_0^\infty \left\{ 1 - \delta x + \frac{\delta^2 x^2}{2} - \frac{\delta^3 x^3}{3} + \dots \right\} \ell(x) dx$$

$$\approx e_0 - \delta \int_0^\infty x \ell(x) dx \quad \Rightarrow \quad \Delta e_0^* = -\delta \bar{x} e_0$$

$$\frac{\Delta e_0^*}{e_0} = -\delta \bar{x}$$

El supuesto de incrementos absolutos constantes para todas las edades parece no ser correcto en la realidad, debido principalmente a que los descensos no son constantes en todas las edades.

2.2.2 CAMBIO PORCENTUAL UNIFORME EN $\mu(x)$. ($\mu^*(x) = \mu(x)(1+\delta)$).

Suponer el mismo cambio porcentual para todas las edades parece más cercano a la realidad. Al aplicar un porcentaje sobre la mortalidad por edades, a altas tasas de mortalidad les corresponderán grandes cambios absolutos, mientras que a tasas bajas les corresponderán pequeños cambios absolutos. De esta forma, el descenso total en la mortalidad se verá más influenciado por la contribución de las altas tasas de mortalidad, que por el descenso de las que ya eran bajas.

El descenso de las tasas de mortalidad infantil, como mencionamos anteriormente, es el cambio en la mortalidad que tiene mayores repercusiones en el nivel global de la mortalidad; y estaremos dando un peso mayor sobre el descenso global absoluto a las tasas infantiles, al suponer un cambio porcentual uniforme en todas las edades.

Si suponemos un cambio porcentual sobre la fuerza de

mortalidad $\mu(x)$ tal que la nueva fuerza de mortalidad $\mu^*(x)$ sea

$$\mu^*(x) = \mu(x)(1+\delta) \quad (2.2.6)$$

tendremos una nueva probabilidad de supervivencia correspondiente a esta $\mu^*(x)$ que será

$$\ell^*(x) = \exp \left\{ -\int_0^x \mu^*(a) da \right\} \quad (2.2.7)$$

$$= \exp \left\{ -\int_0^x (1+\delta) \mu(a) da \right\}$$

$$= \exp \left\{ (1+\delta) \left(-\int_0^x \mu(a) da \right) \right\}$$

$$= \exp \left\{ (1+\delta) \ln \ell(x) \right\}$$

$$\ell^*(x) = \ell(x)^{1+\delta} \quad (2.2.8)$$

y la nueva esperanza de vida al nacimiento

$$e_0^* = \int_0^\omega \ell(a)^{1+\delta} da \quad (2.2.9)$$

Esta fórmula nos indica que la nueva probabilidad de supervivencia va a estar alterada con respecto a la inicial

en un factor $l(a)^\delta$.

Para encontrar el efecto del cambio δ porcentual sobre la esperanza de vida al nacimiento derivemos e_0^* con respecto a δ basándonos en la relación

$$\frac{d e_0^*}{d\delta} = \int_0^\omega \{\ln l(a)\} l(a)^{1+\delta} da$$

cuyo valor no puede ser positivo ya que la función $l(a)$ es siempre menor que la unidad (pues $l(0)=1$).

Desarrollando $l(a)$ por series de Taylor, en la vecindad de δ tenemos

$$f(\delta) = f(\delta_0) + f'(\delta_0)(\delta - \delta_0) + f''(\delta_0) \frac{(\delta - \delta_0)^2}{2!} + \dots$$

donde $f(\delta_0) = l(a)^{1+\delta_0}$

$$f'(\delta_0) = l(a)^{1+\delta_0} \ln l(a)$$

$$f''(\delta_0) = l(a)^{1+\delta_0} \{\ln l(a)\}^2$$

y tomando $\delta_0 = 0$, tenemos

$$\ell(a)^{1+\delta} = \sum_{n=0}^{\infty} \ell(a) \{\delta \ln \ell(a)\}^n \quad (2.2.10)$$

entonces, substituyendo en la fórmula (2.2.10)

$$e_0^* = \int_0^{\omega} \ell(a)^{1+\delta} da$$

la fórmula (2.2.10), y eliminando términos de grado mayor igual a 2, tenemos

$$\begin{aligned} e_0^* &\approx \int_0^{\omega} \{\ell(a) + \delta \ell(a) \ln \ell(a)\} da \\ &\approx \int_0^{\omega} \ell(a) da + \delta \int_0^{\omega} \ell(a) \ln \ell(a) da \\ &\approx e_0 + \delta \int_0^{\omega} \ell(a) \ln \ell(a) da \quad (2.2.11) \end{aligned}$$

Finalmente

$$\Delta e_0 = e_0^* - e_0 \approx \delta \int_0^{\omega} \ell(a) \ln \ell(a) da \quad (2.2.12)$$

en consecuencia, el cambio proporcional en la esperanza de vida es

$$\frac{\Delta e_0}{e_0} \approx \frac{\int_0^{\omega} \{\ln \ell(a)\} \ell(a) da}{\int_0^{\omega} \ell(a) da} \delta \quad (2.2.13)$$

y si

$$H = - \frac{\int_0^{\omega} \{\ln \ell(a)\} \ell(a) da}{\int_0^{\omega} \ell(a) da} \quad (2.2.14)$$

entonces

$$\frac{\Delta e_0}{e_0} = - H \delta \quad (2.2.15)$$

2.3 EL INDICE DE CAMBIO H

En la ecuación (2.2.11):

$$e_0^* \approx e_0 + \delta \int_0^{\omega} \ell(a) \ln \ell(a) da$$

el segundo sumando de la fórmula, expresa la suma de los incrementos $\ln \ell(a)$ en cada edad, relativos a $\ell(a)$, dado un cambio δ uniforme en todas las edades.

Con el índice H, el incremento sobre la esperanza de vida al nacimiento se expresa proporcionalmente a la esperanza de vida al nacimiento inicial, en relación directa con el cambio δ que lo produjo

$$\frac{\Delta e_0}{e_0} = -H\delta$$

Por ejemplo, si suponemos un cambio uniforme proporcional en todas las edades $\delta = -0.01$, y tomamos $H = 0.2$, esto nos indicará $\Delta e_0/e_0 = 0.002$. Es decir, una ganancia en la mortalidad del 1% en todas las edades sólo arrojaría un aumento del 0.2% en la esperanza de vida al nacimiento, cuando el índice H es igual a 0.2. Si el índice H fuera de 0.6, tendríamos un aumento de esperanza de vida al nacimiento del 0.6%, dado el mismo descenso δ del 1%.

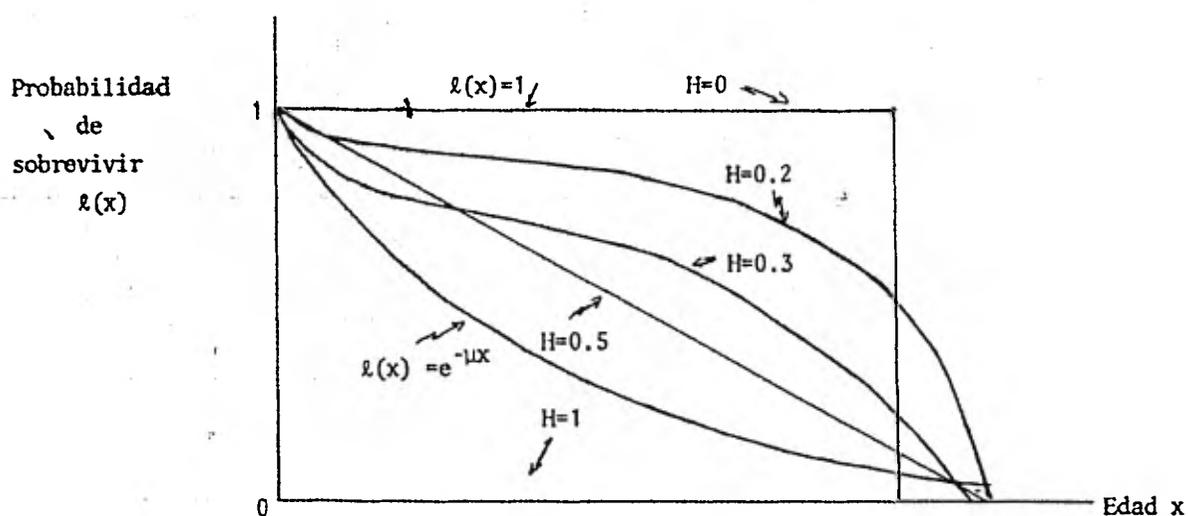
Se ha observado que los índices H más cercanos a cero corresponden a países de baja mortalidad, mientras que los índices más cercanos a la unidad corresponden a países de alta mortalidad (6); casos extremos que ilustran este hecho se pueden observar en la gráfica 1. De lo anterior, se concluye que si la región tiene un nivel de H cercano a uno, aunque haya pequeños cambios δ en mortalidad, éstos traerán grandes incrementos en la esperanza de vida al nacimiento. Por el contrario, cuando H es cercano a cero, éstas mejoras δ en la mortalidad no tendrán cambios tan importantes en la esperanza de vida al nacimiento.

Ahora bien, tenemos que

6) Keyfitz Nathan, op. cit., p. 66.

GRAFICA 1

CASOS EXTREMOS DE CURVAS DE SUPERVIVENCIA $l(x)$, Y TRES CASOS INTERMEDIOS, QUE MUESTRAN COMO H DISMINUYE CONFORME LA CURVA $l(x)$ SE HACE RECTANGULAR.



Fuente: Keyfitz N, Applied Mathematical Demography, Wiley and Sons, 1977, p. 65

$$H = - \frac{\int_0^{\omega} \{\ln \ell(a)\} \ell(a) da}{\int_0^{\omega} \ell(a) da}$$

por lo que H es necesariamente positivo, ya que es el promedio de $\{\ln \ell(a)\}$ ponderado a través de $\ell(a)$; pues siendo $\ell(a)$ una función mayor que 0 y menor que 1, su logaritmo natural es negativo.

La ponderación $\ell(a)$ es conveniente pues su peso es menor en los últimos años de vida, que son los que contribuyen con menor número de años al valor de la esperanza de vida al nacimiento. Y permite asignar mayor peso en las edades donde se producen las mayores ganancias en la mortalidad por edades.

Esta ponderación permite que el índice H nos pueda mostrar la concavidad de la curva de sobrevivientes, pues la curva $\ell(a)$ es más convexa cuando las muertes se acumulan en las edades avanzadas. En años recientes los grandes adelantos en materia médica preventiva han traído como consecuencia que en una parte de los países del mundo la mayor mortalidad ocurra entre los 60 y 70 años de edad. El valor H en estos países es muy reducido -- alrededor de 0.2 -- debido a que las tasas son mayores donde la ponderación es menor. Por el contrario, cuando la curva de sobrevivientes

es menos convexa, los valores de H son más elevados. En la gráfica 1 se muestran algunos casos extremos que ejemplifican lo anterior.

Además de éstas interpretaciones, el índice H nos proporciona una utilidad adicional, ya que si disponemos de una serie cronológica de éstos índices, podemos observar por medio de ellos la tendencia de la mortalidad a través del tiempo; lo cual, nos puede servir para evaluar el ritmo de descenso de la mortalidad en una población, o para comparar éste ritmo en poblaciones distintas.

De esta forma, el índice H puede servir también para evaluar de manera rápida y sencilla una proyección de mortalidad, en base a una serie cronológica de los valores H en el pasado, y la serie propuesta para el futuro, observando el ritmo de cambio en la ganancia porcentual en años de esperanza de vida al nacimiento, dados cambios constantes δ en todas las edades, proporcionales a la fuerza de mortalidad por edad $\mu(x)$.

El incremento porcentual en la esperanza de vida al nacimiento está relacionado tanto con el índice H, como con el cambio δ . Es decir, la ganancia en la esperanza de vida

al nacimiento se relaciona con el nivel y la estructura inicial de la mortalidad, a través del índice H , con el cambio porcentual uniforme δ que se dió en el período. Por tanto, si suponemos δ igual a 1%, el decremento porcentual en la esperanza de vida al nacimiento solo se verá afectado por el nivel y la estructura de la mortalidad de la población, el cual expresa H .

Si $H(t)$ representa el índice H en el momento t , y si $e_0(t)$ es la esperanza de vida al nacimiento correspondiente a éste mismo momento t , entonces $H(t)$ será el cambio porcentual que se esperaría en $e_0(t)$ si se produjese un aumento en la mortalidad $\delta=1\%$ en todas las edades. Por lo que $H(t)$ es un índice de sensibilidad de la esperanza de vida al nacimiento, en el momento t , ante cambios de la mortalidad por edades, el cual no depende de δ .

Por medio de una gráfica de la serie $\{H(t)\}$ es fácil determinar si la tendencia prevista para el futuro, de los índices H , es congruente con la trayectoria histórica de éstos. El análisis puede enriquecerse si se complementa con explicaciones históricas, sociales y económicas que aclaren el descenso de los valores de la serie H . De esta forma, se facilitará la formulación de un juicio que evalúe la posibi-

lidad de que se presenten en lo futuro cambios socio-económicos que traigan como consecuencia los decrementos en los valores H previstos en la proyección.

Finalmente, es importante destacar que aunque se ha hecho referencia constante a la esperanza de vida al nacimiento y a la función $l(x)$, esto no nos obliga a disponer de toda la tabla de mortalidad para efectuar la evaluación de la proyección de mortalidad. Lo único que se necesita es disponer de la columna $l(x)$, cuyo cálculo es fácil. La esperanza de vida al nacimiento nos servirá únicamente como punto de apoyo cuando hablemos de porcentajes de ganancia en ésta; aunque obviamente se podrían manejar únicamente los porcentajes.

2.4 EL CASO DISCRETO

Debido a que la función $l(x)$ viene tabulada para valores discretos, sea por edades individuales o, por lo general, quinquenales, es necesario aproximar la fórmula

$$H = - \frac{\int_0^{\omega} \{\ln l(a)\} l(a) da}{\int_0^{\omega} l(a) da}$$

para el caso discreto.

Sea $l(x) = \ell(x) \ln\{\ell(x)\}$, (7) entonces

$$H = - \frac{\int_0^{\omega} l(x) dx}{\int_0^{\omega} \ell(x) dx}$$

que por la propiedad aditiva de las integrales

$$H = - \frac{\int_0^1 l(x) dx + \int_1^5 l(x) dx + \int_5^{10} l(x) dx + \dots + \int_{80}^{85} l(x) dx + \int_{85}^{\omega} l(x) dx}{\int_0^1 \ell(x) dx + \int_1^5 \ell(x) dx + \int_5^{10} \ell(x) dx + \dots + \int_{80}^{85} \ell(x) dx + \int_{85}^{\omega} \ell(x) dx} \quad (2.4.1)$$

Por definición $\int_x^{x+n} \ell(a) da$, expresa los años persona vividos entre las edades exactas x y $x+n$, por los sobrevivientes de la cohorte ficticia de la tabla. Usando la aproximación lineal para esta función, podemos calcular ${}_nL_x$ por medio de datos discretos.

Suponiendo linealidad en las curvas $\ell(x)$ y $l(x)$, o una distribución uniforme de las defunciones de la tabla, tenemos

$${}_nL_x = n/2 (\ell(x) + \ell(x+n))$$

$${}_nLL_x = n/2 (l(x) + l(x+n)) \quad (8)$$

y suponiendo

- 7) Este paso es únicamente para facilitar la notación; pero $l(x)$ es sólo una transformación de $\ell(x)$.
 8) Donde ${}_nLL_x = \int_x^{x+n} l(a) da$.

$$L_{85+} = 5l(85)$$

$$LL_{85+} = 5l(85)$$

sustituimos estas expresiones en (2.3.1), de donde

$$H = \frac{.5l(0) + .5l(1) + 2l(5) + 2.5l(5) + \dots + 2.5l(85) + 5l(85)}{.5l(0) + .5l(1) + 2l(5) + 2.5l(5) + \dots + 2.5l(85) + 5l(85)}$$

multiplicando por dos arriba y abajo, y reagrupando

$$H = \frac{1(0) + 5l(1) + 9l(5) + 10l(10) + \dots + 10l(10) + 15l(85)}{2(0) + 5l(1) + 9l(5) + 10l(10) + \dots + 10l(10) + 15l(85)}$$

y sustituyendo $l(x) = \{\ln l(x)\} l(x)$ y dividiendo entre 10

$$H = \frac{l(1) \ln l(1) / 2 + 9l(5) \ln l(5) / 10 + l(10) \ln l(10) + \dots + l(80) \ln l(80) + 3l(85) \ln l(85) / 2}{0.1 + l(1) / 2 + 9l(5) / 10 + l(10) + l(15) + l(20) + \dots + l(80) + 3l(85) / 2}$$

(2.4.2)

Esta expresión es una aproximación bastante buena para la fórmula (2.2.14), ya que el supuesto de linealidad en las defunciones por grupos de edad generalmente se cumple, exseptuando los primeros años de vida; porque entre los 0-4 años, el riesgo de morir disminuye conforme aumenta la edad, y el riesgo en el primer año de vida es mucho

más alto que en los siguientes cuatro.

Sin embargo, la precisión que se gana al aplicar factores de separación más exactos en las defunciones de 0-5 no es mucha, ya que en la división se cancela gran parte de la diferencia, sobre todo cuando disponemos del grupo 0-4 desagregado en 0-1, 1-4, que es el caso más común en las tablas de vida.

El supuesto de $L_{85+} = 5 l_{85}$, es aceptable, ya que aunque $e_{85} = 5$ es relativamente alto, el error que se pudiera introducir con este supuesto sería mínimo, ya que la ponderación en el índice H en esta edad es pequeña porque muy pocos sobreviven a los 85 años de edad.

CAPITULO III.

EVALUACION DE UNA PROYECCION MEXICANA DE MORTALIDAD.

En este capítulo presento la aplicación del método descrito en el capítulo anterior para evaluar la proyección de mortalidad realizada por Gustavo Cabrera y Manuel Ordorica*.

La evaluación se hace para cada sexo debido a que la mortalidad presenta un comportamiento diferente por sexo, sobre todo en el ritmo de descenso, por lo que es conveniente hacer el análisis por separado.

En la primera parte del presente capítulo proporciono algunos cálculos para probar la validez del supuesto de un cambio uniforme proporcional de la mortalidad en todas las edades, a través de un caso práctico que muestra la evolución de la mortalidad mexicana en un período histórico, 1930-1970, para cada sexo, así como la evolución del cambio que se espera en la proyección analizada. En la segunda parte muestro los resultados de los cálculos del índice H en el período 1930-1970, y la evaluación de la proyección de mortalidad con base en la serie H.

* Ver nota (2) en la página 5.

3.1 VALIDEZ DEL SUPUESTO DE UNIFORMIDAD PORCENTUAL EN PERIODOS PROLONGADOS.

Al desarrollar la fórmula (2.2.14) se hizo el supuesto de un cambio porcentual uniforme sobre $\mu(x)$, tal que $\mu^*(x) = \mu(x) (1+\delta)$; por lo que, antes de calcular los índices H sería interesante ver que tan válido es este supuesto en períodos prolongados -- decenales y quinquenales -- de tiempo.

En este caso, como contamos con datos discretos de la mortalidad, lo que nos interesa ver es que tanto difieren las δ_x en cada grupo de edad, observadas en un período decenal o quinquenal.

Con éste propósito se presentan en los cuadros 1, 2, 3, y 4 los valores de δ_x , donde δ_x es tal que

$$n^m_{x, j+k} = n^m_{x, j} (1+\delta_x)^k$$

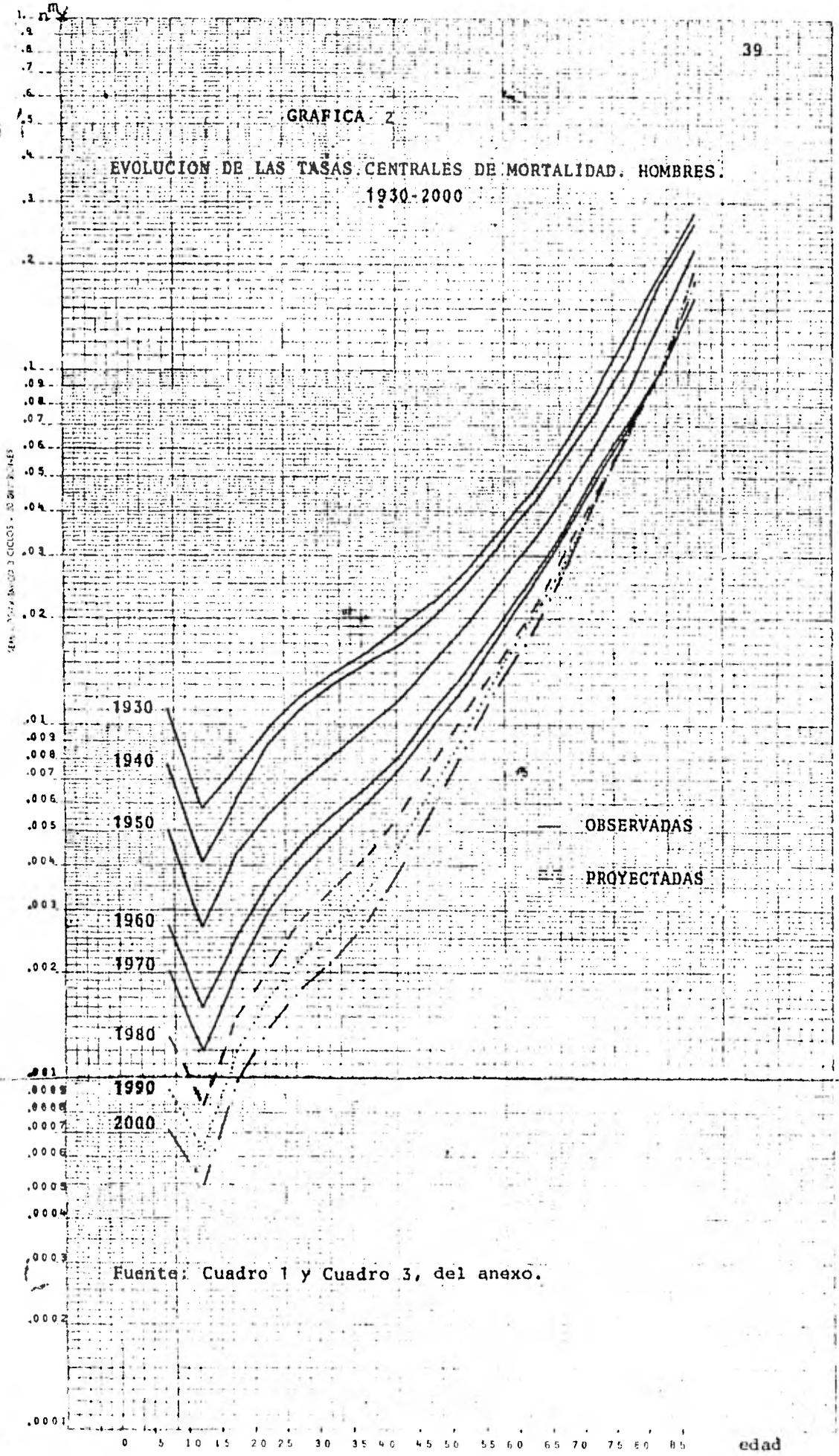
siendo

j el período o año inicial, al cual se hace referencia en la tabla de vida.

k el período de tiempo comprendido entre j y la ta-

GRAFICA 2

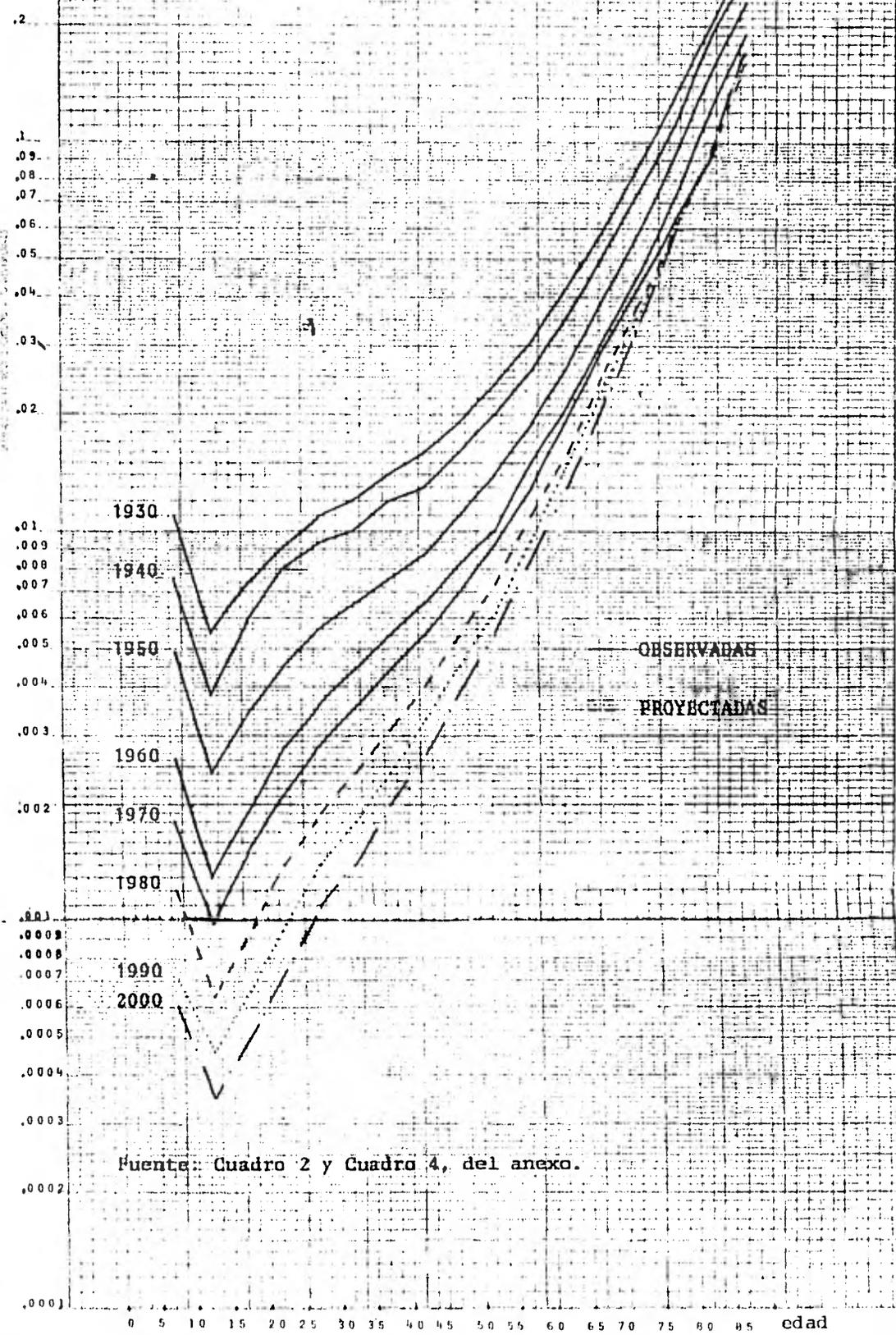
EVOLUCION DE LAS TASAS CENTRALES DE MORTALIDAD. HOMBRES.
1930-2000



Fuente: Cuadro 1 y Cuadro 3, del anexo.

GRAFICA 3

EVOLUCION DE LAS TASAS CENTRALES DE MORTALIDAD. MUJERES. 1930-2000



Fuente: Cuadro 2 y Cuadro 4, del anexo.

bla siguiente ($k=10$ en las tablas de Benitez y Cabrera, y $k=5$ en las proyectadas)

Por lo tanto δ_x será tal que

$$\delta_x = \frac{n^m_{x, j+k}}{n^m_{x, x}} - 1 \quad (3.1.1)$$

En los decenios comprendidos en el período 1930-1970 se observaron descensos considerables en el nivel de la mortalidad mexicana, como lo muestran las gráficas 2 y 3. Estos cambios fueron substanciales en ambos sexos, y los mayores cambios absolutos se observaron en los primeros años de vida. Sin embargo, conforme desciende el nivel de la curva de mortalidad también las ganancias van disminuyendo, y es en el decenio 1960-1970 donde se presentan las menores ganancias observadas. En estas gráficas también podemos ver que las curvas de mortalidad proyectadas por Cabrera y Ordorica preveen ganancias cada vez menores, sobre todo en los últimos años de vida. Por el momento deseamos analizar estos cambios en cada período, relacionándolos con su nivel inicial.

Como se puede observar en los cuadros 1, 2, 3, y 4 y

en las gráficas 4 a 13, el descenso porcentual de la mortalidad no es constante en todos los grupos de edad; las primeras edades presentan mayores ganancias en mortalidad, lo que era de esperarse, ya que varias de las causas directas que ocasionaron la muerte en este período, eran evitables con medicina preventiva y campañas sanitarias que no requerían de un estadio más avanzado de desarrollo socioeconómico; esto es, en estas edades ha sido posible el descenso de la mortalidad a través de la importación de tecnología cuyo beneficio fué para toda la población(9).

En las gráficas 4 a 13 podemos ver que el punto donde la mortalidad muestra su máxima ganancia es alrededor de las edades 5-9 que están muy cerca del punto donde la curva de mortalidad alcanza su punto mínimo. En el decenio 1930-1940 -- gráfica 4 -- el punto de máxima ganancia ($\delta_5 = -.3311$ para hombres y $\delta_5 = -.3166$ para mujeres) está en las edades 5-9, y el punto donde la mortalidad muestra la menor tasa de mortalidad es en el grupo 10-14 que también tiene una ganancia considerable ($\delta_{10} = -.2963$ para hombres y $\delta_{10} = -.3166$ para mujeres).

En el decenio 1930-40 las ganancias mostraron dos máximos en las edades 5-9 y 70-74, aunque éste último mucho

9) Gonzalez Moisés, Población y sociedad en México (1900-1970), V.I, U.N.A.M., 1974, pp. 297-424.

CUADRO 1

GANANCIAS PORCENTUALES MASCULINAS EN LA MORTALIDAD POR GRUPOS DE EDAD EN PERIODOS DECENALES, 1930-1970.

EDAD x	1930-40 δ_x	1940-50 δ_x	1950-60 δ_x	1960-70 δ_x
0	-.1652	-.1951	-.2791	-.0893
1	-.1454	-.2914	-.5467	-.2467
2	-.1801	-.2984	-.5717	-.3316
3	-.2332	-.3376	-.5404	-.3162
4	-.2864	-.3695	-.5221	-.2891
5-9	-.3311	-.3503	-.4613	-.2644
10-14	-.2963	-.3462	-.4217	-.2039
15-19	-.1833	-.3021	-.4228	-.1767
20-24	-.1026	-.3616	-.3544	-.1708
25-29	-.0961	-.3607	-.3343	-.1395
30-34	-.0962	-.3390	-.3298	-.1282
35-39	-.0887	-.3266	-.3261	-.1017
40-44	-.0949	-.2722	-.3302	-.0842
45-49	-.0910	-.2409	-.2988	-.0700
50-54	-.0780	-.2258	-.2710	-.0535
55-59	-.0583	-.2251	-.2405	-.0468
60-64	-.0747	-.2009	-.2293	-.0396
65-69	-.0844	-.1996	-.2008	-.0330
70-74	-.1127	-.1918	-.1776	-.0251
75-79	-.1472	-.1833	-.1940	-.0191
80-84	-.0427	-.2151	-.2743	-.0161
85+	-.0749	-.1586	-.2544	
<hr/>				
MEDIA	-.1392	-.2724	-.3446	-.1355
VARIANZA	.0064	.0047	.0141	.0103

CUADRO 2

GANANCIAS PORCENTUALES FEMENINAS EN LA MORTALIDAD POR GRUPOS DE EDAD EN PERIODOS DECENALES, 1930-1970.

EDAD x	1930-40 δ_x	1940-50 δ_x	1950-60 δ_x	1960-70 δ_x
0	-.1718	-.2041	-.2879	-.1201
1	-.1365	-.2865	-.5451	-.2722
2	-.1621	-.2879	-.5713	-.3604
3	-.2375	-.3110	-.5585	-.3340
4	-.2486	-.3532	-.5380	-.3144
5-9	-.3387	-.3478	-.4682	-.3017
10-14	-.3166	-.3666	-.4576	-.2386
15-19	-.1960	-.4183	-.4435	-.2294
20-24	-.1056	-.4400	-.3891	-.2246
25-29	-.1326	-.3967	-.3651	-.2149
30-34	-.1341	-.3792	-.3247	-.2017
35-39	-.1455	-.3666	-.2876	-.1830
40-44	-.1775	-.3401	-.2533	-.1747
45-49	-.1819	-.3267	-.2329	-.1652
50-54	-.1712	-.3088	-.2405	-.1103
55-59	-.1559	-.2872	-.2246	-.0946
60-64	-.1534	-.2631	-.2182	-.0546
65-69	-.1346	-.2378	-.1867	-.0535
70-74	-.1308	-.2122	-.2154	-.0623
75-79	-.1605	-.1681	-.2266	-.1111
80-84	-.0679	-.2122	-.1990	-.2025
85+	-.1082	-.1369	-.1768	
<hr/>				
MEDIA	-.1713	-.3023	-.3368	-.1916
VARIANZA	.0040	.0064	.0176	.0082

CUADRO 3

GANANCIAS PORCENTUALES MASCULINAS EN LA MORTALIDAD POR
GRUPOS DE EDAD EN PERIODOS QUINQUENALES, 1970-2000.

EDAD x	1970-75 δ_x	1975-80 δ_x	1980-85 δ_x	1985-90 δ_x	1990-95 δ_x	1995-2000 δ_x
0		-.0920	-.0883	-.0845	-.0804	-.0763
1-4		-.2124	-.2029	-.1916	-.1786	-.1637
5-9	-.2154	-.1718	-.1599	-.1458	-.1315	-.1164
10-14	-.2036	-.1501	-.0788	-.1826	-.1125	-.1000
15-19	-.1772	-.1268	-.1137	-.0997	-.0876	-.0743
20-24	-.1850	-.1278	-.1170	-.1055	-.0942	-.0831
25-29	-.1919	-.1275	-.1189	-.1099	-.1006	-.0911
30-34	-.1890	-.1256	-.1188	-.1112	-.1034	-.0951
35-39	-.1868	-.1196	-.1127	-.1061	-.0987	-.0912
40-44	-.1649	-.1048	-.0978	-.0907	-.0832	-.0761
45-49	-.1425	-.0890	-.0824	-.0759	-.0694	-.0630
50-54	-.1233	-.0732	-.0667	-.0601	-.0540	-.0481
55-59	-.1072	-.0612	-.0545	-.0482	-.0423	-.0370
60-64	-.0910	-.0508	-.0444	-.0384	-.0330	-.0283
65-69	-.0746	-.0395	-.0333	-.0279	-.0232	-.0193
70-74	-.0589	-.0292	-.0237	-.0191	-.0153	-.0122
75-79	-.0176	-.0074	-.0045	-.0027	-.0017	-.0010
80-84	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
85+		-.0069	-.0041	-.0024	-.0014	-.0008
MEDIA	-.1330	-.0903	-.0801	-.0791	-.0690	-.0619
VARIANZA	.0043	.0033	.0028	.0031	.0023	.0019

CUADRO 4

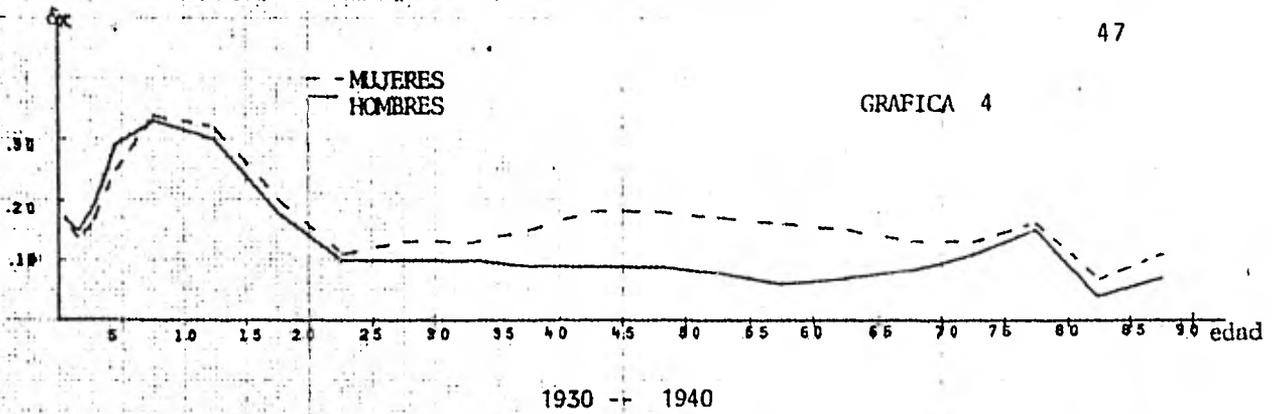
GANANCIAS PORCENTUALES FEMENINAS EN LA MORTALIDAD POR
GRUPOS DE EDAD EN PERIODOS QUINQUENALES, 1970-2000.

EDAD x	1970-75 δ_x	1975-80 δ_x	1980-85 δ_x	1985-90 δ_x	1990-95 δ_x	1995-2000 δ_x
0		-.1008	-.0972	-.0932	-.0890	-.0846
1-4		-.2216	-.2141	-.2049	-.1939	-.1806
5-9	-.2179	-.1858	-.1750	-.1611	-.1475	-.1323
10-14	-.2235	-.1706	-.1570	-.1457	-.1285	-.1150
15-19	-.2375	-.1724	-.1584	-.1443	-.1295	-.1125
20-24	-.2338	-.1670	-.1564	-.1445	-.1312	-.1183
25-29	-.2137	-.1569	-.1485	-.1392	-.1287	-.1175
30-34	-.1934	-.1422	-.1342	-.1262	-.1164	-.1069
35-39	-.1777	-.1283	-.1211	-.1131	-.1050	-.0968
40-44	-.1541	-.1126	-.1034	-.1007	-.0908	-.0830
45-49	-.1331	-.0968	-.0888	-.0806	-.0726	-.0648
50-54	-.1373	-.0886	-.0813	-.0739	-.0667	-.0599
55-59	-.1216	-.0763	-.0691	-.0621	-.0553	-.0489
60-64	-.1157	-.0650	-.0591	-.0527	-.0469	-.0413
65-69	-.0953	-.0547	-.0488	-.0432	-.0381	-.0333
70-74	-.0717	-.0423	-.0350	-.0289	-.0236	-.0192
75-79	-.0202	-.0196	-.0133	-.0090	-.0061	-.0041
80-84	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
85+		-.0069	-.0037	-.0020	-.0010	-.0005
MEDIA	-.1467	-.1057	-.0981	-.0908	-.0827	-.0747
VARIANZA	.0051	.0039	.0036	.0033	.0029	.0024

CAMBIOS PORCENTUALES EN LAS TASAS DE MORTALIDAD POR EDAD

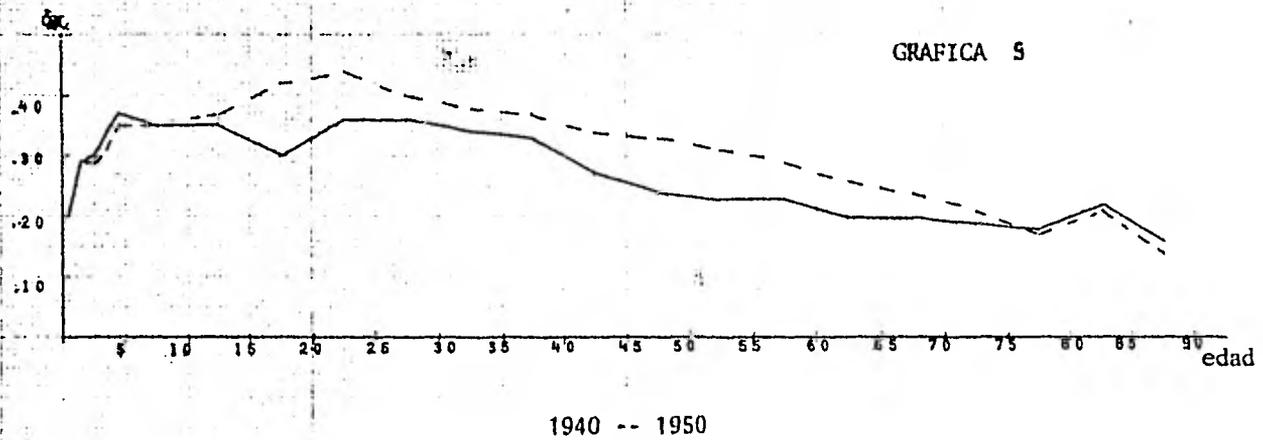
- MUJERES
- HOMBRES

GRAFICA 4



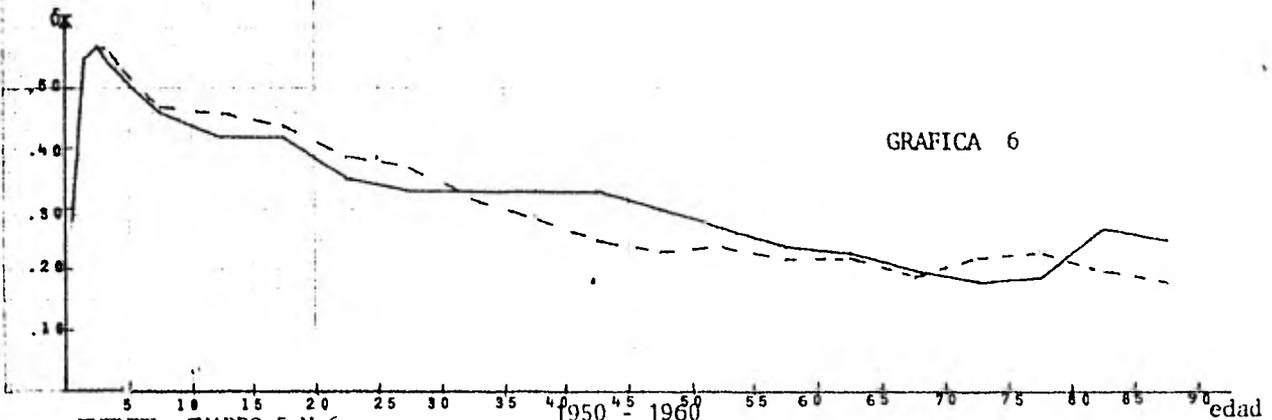
1930 -- 1940

GRAFICA 5



1940 -- 1950

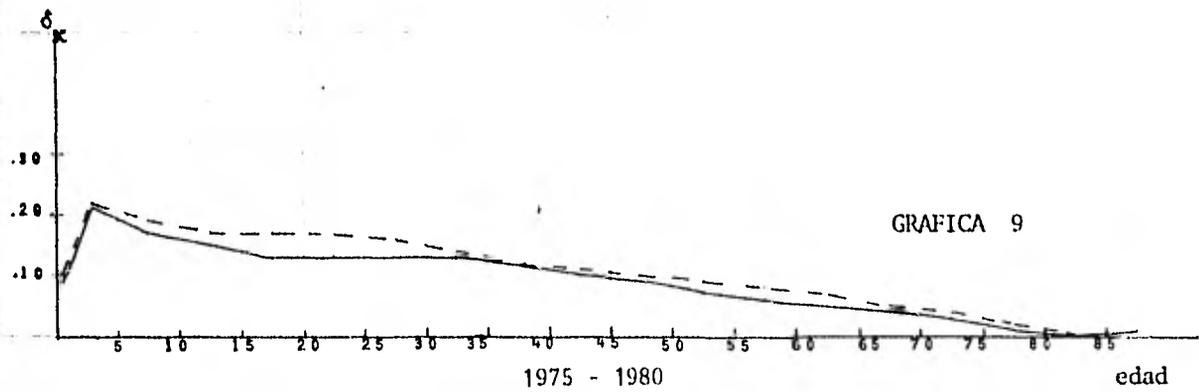
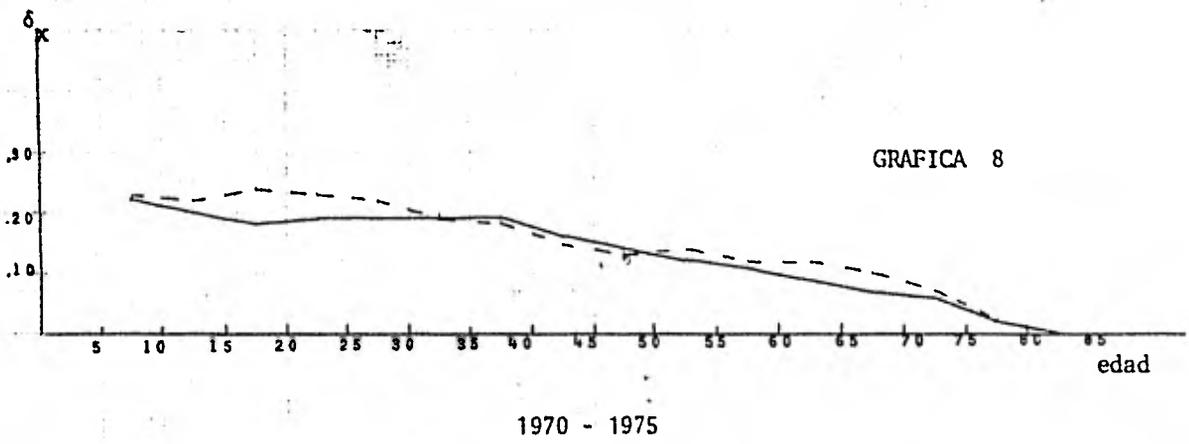
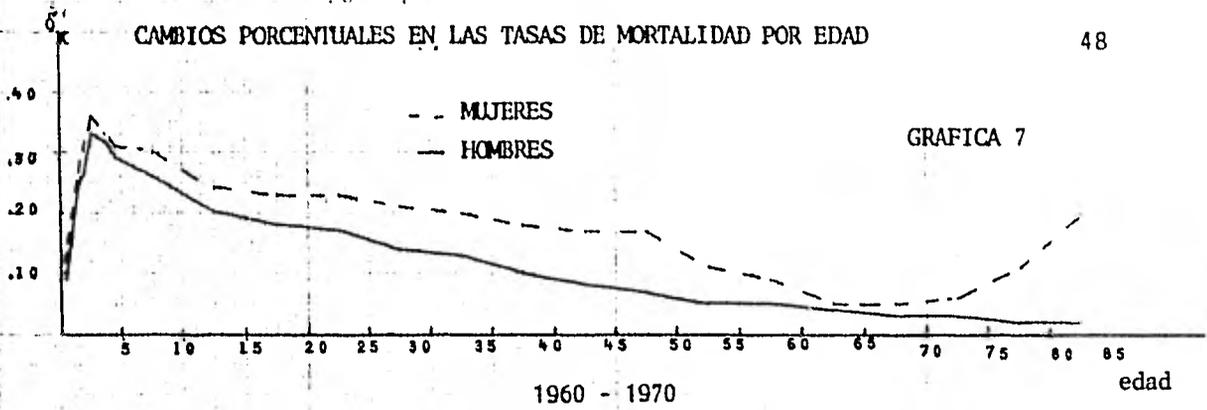
GRAFICA 6



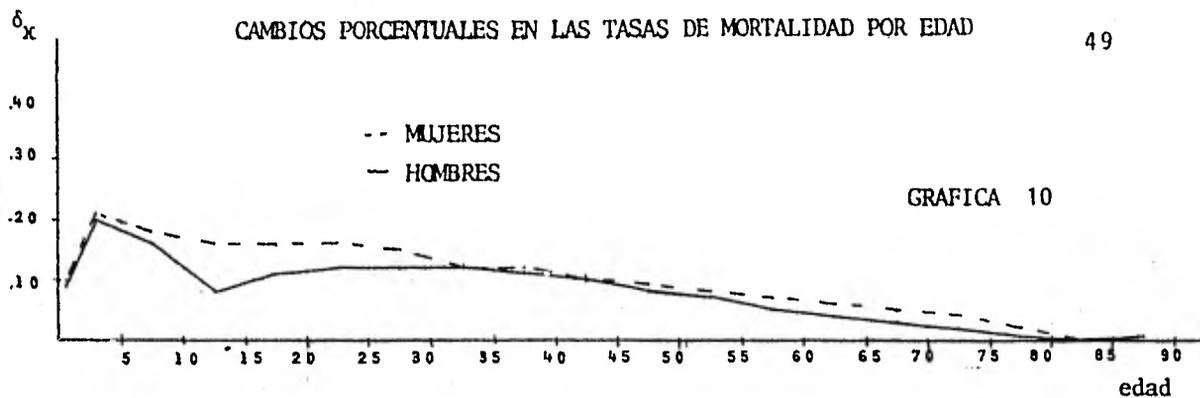
FUENTE: CUADRO 5 Y 6

1950 -- 1960

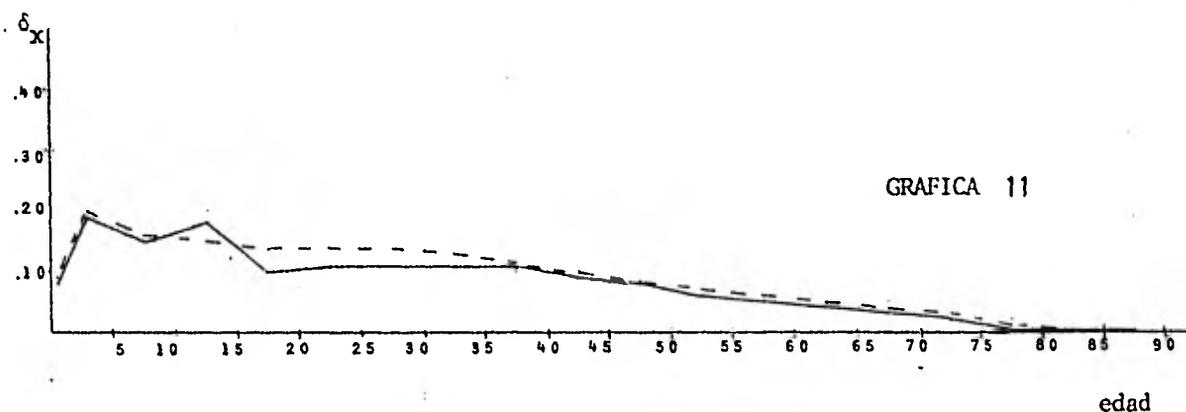
CAMBIOS PORCENTUALES EN LAS TASAS DE MORTALIDAD POR EDAD



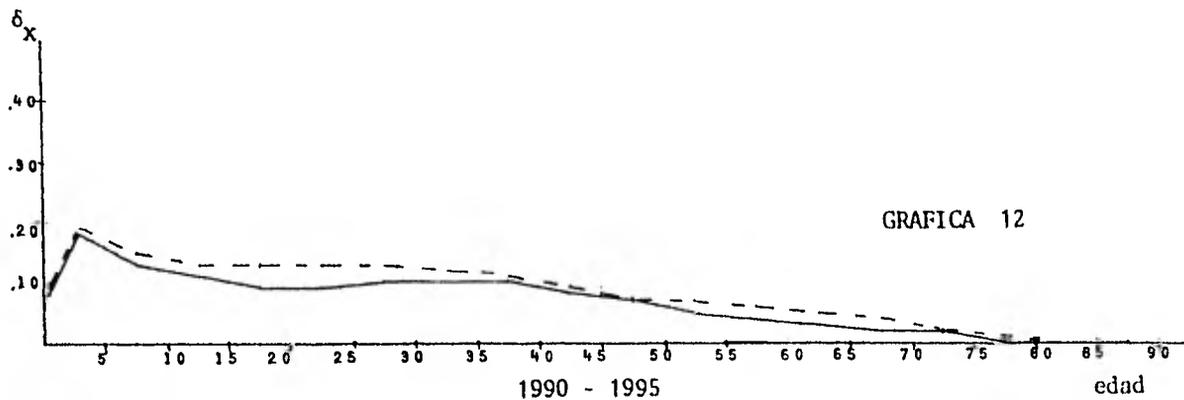
CAMBIOS PORCENTUALES EN LAS TASAS DE MORTALIDAD POR EDAD



1980 - 1985



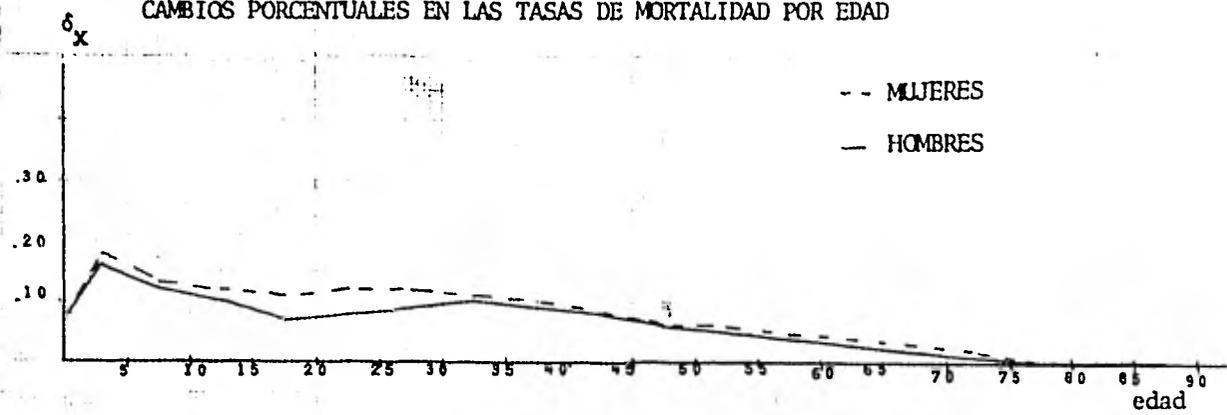
1985 - 1990



1990 - 1995

GRAFICA 13

CAMBIOS PORCENTUALES EN LAS TASAS DE MORTALIDAD POR EDAD



1995 - 2000

más bajo que el primero; y en las edades intermedias a estos dos puntos, las ganancias en mortalidad muestran un descenso paulatino conforme aumenta la edad, ascendiendo ligeramente entre las edades 70-79, para finalmente descender a su nivel más bajo en el grupo 80-84.

En el decenio 1940-50 -- gráfica 5 -- las ganancias son considerables desde el nacimiento y ascienden a partir de éste rápidamente para alcanzar su punto máximo a partir de los cinco años, y se mantiene alrededor del 35% desde esta edad hasta los cuarenta años; a partir de los cuarenta las ganancias descienden muy lentamente manteniéndose alrededor del 20% hasta el final de la vida.

En los decenios 1950-60 y 1960-70 -- gráficas 6 y 7 respectivamente --, las ganancias δ_x muestran una curva decreciente conforme avanza la edad, con muy poca pendiente en el decenio 1950-60, sobre todo a partir de los treinta años.

Finalmente, en las gráficas 8 a 13, donde se muestran los cambios porcentuales en las tasas de mortalidad por edad, que se preveen en las curvas de mortalidad proyectadas, podemos observar que los niveles de ganancia de un

quinquenio a otro son bajas y con muy poca pendiente de descenso conforme aumenta la edad.

A pesar de las diferencias antes señaladas, podríamos considerar que el supuesto de ganancia porcentual constante en todas las edades es aceptable en los períodos decenales y quinquenales, ya que la varianza es pequeña, y tiende al descenso conforme avanza en el tiempo. Las varianzas en el caso masculino, en la experiencia histórica 1930-70 nunca exceden de 0.0141, y para mujeres en el mismo período, la varianza nunca sobrepasa de 0.0176.

Por último, hay que considerar que esta prueba sobre la variación de la ganancia δ por edades, se hace con el propósito de observar si el supuesto de cambios constantes en todas las edades se mantiene para períodos prolongados; pero este supuesto en la fórmula H se hace para cambios muy pequeños en la mortalidad, lo cual se tendría que producir en períodos pequeños de tiempo, lo que trae consecuentemente aproximaciones más precisas en los cambios de la mortalidad por edades. Sin embargo, si observamos la fórmula (2.2.14) podemos concluir que el análisis posterior de índices H no se verá afectado por los valores que δ tome, ya que el cálculo de la serie cronológica H so-

lo depende de $l(x)$

3.2 EL INDICE H EN LA PROYECCION DE LA MORTALIDAD MEXICANA 1970-2000.

Las tablas de mortalidad para 1930, 1940, 1950, 1960 y 1970 presentan desglosado por edades individuales el grupo 0-4 años, por lo que para el cálculo del índice H usé la fórmula

$$H = - \frac{l_1 \ln l_1 / 2 + l_2 \ln l_2 / 2 + \dots + l_4 \ln l_4 / 2 + 6l_5 \ln l_5 / 10 + l_{10} \ln l_{10} + \dots + 3l_{85} \ln l_{85} / 2}{0.1 + l_1 / 2 + l_2 / 2 + \dots + l_4 / 2 + 6l_5 / 10 + l_{15} + \dots + 3l_{85} / 2}$$

cuyo desarrollo es similar a la fórmula (2.2.1), pero ahora se supone linealidad en la curva $l(x)$ entre x y $x+n$ para x entre 0 y 4.

Para el cálculo del mismo índice en las tablas proyectadas, se usó la fórmula

$$H = - \frac{l_1 \ln l_1 / 2 + 9l_5 \ln l_5 / 10 + l_{10} \ln l_{10} + \dots + 3l_{85} \ln l_{85} / 2}{0.1 + l_1 / 2 + 9l_5 / 10 + l_{10} + l_{15} + l_{20} + \dots + 3l_{85} / 2}$$

debido a la agrupación de la información.

Los resultados obtenidos de estos cálculos se presentan en el cuadro 5, donde se incluyen también las esperanzas de vida al nacimiento correspondientes a cada período t de tiempo.

La gráfica 14 muestra la evolución del índice H en el tiempo; en ella podemos ver la gran sensibilidad que tenía la estructura por edad de la mortalidad, para producir ganancias considerables en la esperanza de vida al nacimiento en el período 1930-1960, donde una ganancia proporcional constante δ del 1% produciría una ganancia en la esperanza de vida al nacimiento del orden de 0.49 a 0.60% para hombres, y de 0.46 a 0.63% para mujeres.

En el decenio 1960-1970, los índices H sufren un súbito descenso: la pendiente de la curva se hace muy pronunciada en su caída -- como puede verse en la gráfica 14 --, y la ganancia porcentual en la esperanza de vida al nacimiento según el patrón de mortalidad de 1970 desciende a 0.30% para hombres y 0.28% para mujeres; lo cual arroja una pérdida en la ganancia porcentual de la esperanza de vida al nacimiento de 0.18% para hombres y de 0.17% para mujeres, respecto al patrón de mortalidad de 1960.

CUADRO 5

INDICES H Y ESPERANZAS DE VIDA AL NACIMIENTO POR SEXO;
OBSERVADOS 1930-1970, Y PROYECTADOS 1975-2000.

AÑO	HOMBRES		MUJERES	
	H	e_0	H	e_0
1930	.656219	36.08 (a)	.633847	37.49 (a)
1940	.613786	40.39	.589903	42.05
1950	.556738	48.09	.528543	51.04
1960	.488349	57.61	.459167	60.32
1970	.304690	60.05 (b)	.284818	63.95 (b)
1975	.288510	62.75 (b)	.248767	66.57 (b)
1980	.266765	64.42	.227344	68.28
1985	.248870	65.82	.209786	69.71
1990	.233692	67.02	.195345	70.91
1995	.221252	68.03	.183474	71.89
2000	.210883	68.84	.173731	72.70

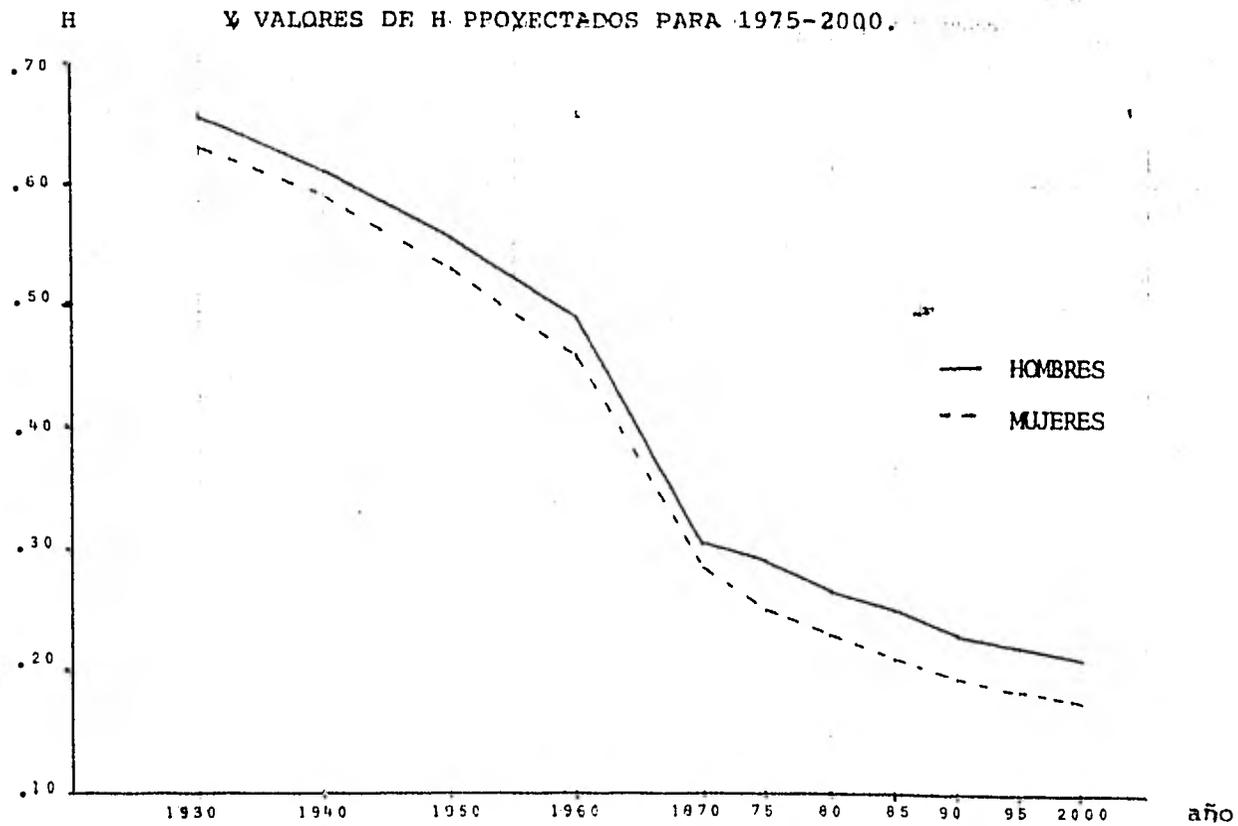
Fuente: (a) Benitez y Cabrera, Tablas abreviadas de mortalidad de la población de México, 1930, 1940, 1950, 1960., El Colegio de México, México D.F., 1977.

(b) Cabrera y Ordorica, "Mortalidad" (capítulo II) en Proyecciones de la población mexicana 1970-2000., SP.P., México D.F., 1977.

GRAFICA 14

EVOLUCION DEL INDICE H EN EL PERIODO 1930-1970

Y VALORES DE H PROYECTADOS PARA 1975-2000.



Fuente: Cuadro 9

Las tablas de mortalidad proyectadas llevan implícito el supuesto de que el patrón de mortalidad tendrá variaciones tales que se producirán ganancias porcentuales en la esperanza de vida al nacimiento con un comportamiento casi lineal; pues como podemos observar en la gráfica 14, a partir de 1970 se puede ajustar una recta para cada sexo. Podríamos decir que en el período 1970-2000 el índice H es casi lineal, con una pendiente un poco menos pronunciada que en el período 1930-1960 que también presenta un descenso casi lineal.

Además de un ligero cambio en las pendientes de los períodos 1930-1960 y 1970-2000, podemos ver que en el primer período la curva muestra una ligera concavidad respecto al origen, mientras que en el segundo período se muestra ligeramente convexa respecto al mismo. Sin embargo, estos cambios no se alejan mucho de la recta de ajuste, ya que en el período 1930-1960 el índice H solo cambia de 0.66 a 0.49 para hombres, y de 0.63 a 0.46 en el caso de mujeres; y en el período 1970-2000 estos cambios son de 0.30 a 0.21, y 0.28 a 0.17 respectivamente.

Lo anterior nos indica que el índice H en el período 1930-1970 estuvo determinado por estructuras de mortalidad

propensas a descensos rápidos de la mortalidad, mientras que en el período 1970-2000, aunque se preveen descensos, éstos tienden a ser cada vez menores -- y asintóticos -- provocando la convexidad de la curva.

Ahora bien, ¿ por qué la pendiente en la curva H puede ser tan similar en períodos tan discímiles y para niveles H tan diferentes como en los períodos mencionados? , y, ¿es esto lógico?.

En un estudio hecho por Eduardo Arriaga (10), en base a un análisis de tablas de mortalidad, concluye que en las décadas anteriores a 1970 las medidas de salud pública llevaron al descenso de la mortalidad en América Latina independientemente del desarrollo económico alcanzado en éstas naciones. Ya que en los países subdesarrollados la disminución de la mortalidad estuvo dada principalmente por programas de salud pública -- preventivos en su mayoría -- que no necesitaban de investigación médica propia, sino que fueron importados (nuevas técnicas, medicinas, etc.), a la vez que recibieron ayuda internacional de tipo financiero y de diversa índole para mejorar los programas de salubridad nacionales. Al contrario de los países avanzados, en los que el descenso de la mortalidad dependió principalmente del

10) Arriaga Eduardo, América Latina: el descenso de la mortalidad y sus efectos demográficos, Population Council, 1975.

desarrollo económico que sostuvo los avances en la salud pública.

Sin embargo, las técnicas importadas ayudaron en los países subdesarrollados sólo a bajar -- en algunos casos a erradicar -- la incidencia de ciertas enfermedades, principalmente del tipo infecto-contagioso, y no las enfermedades que se pueden considerar como consecuencia de problemas socioeconómicos -- como cirrosis hepática, disentería, prematuridad en el parto, etc. -- y aún menos, enfermedades de tipo cardiovascular o neoplasmas malignos, contra los cuales no se conoce remedio, en muchos casos, ni en los países más avanzados, como puede verse en la gráfica 15.

De éstas observaciones se desprende que la reducción de la mortalidad depende del desarrollo socio-económico de un país en la medida que sus enfermedades no se puedan reducir o erradicar con la simple importación de técnicas. Los aumentos en la esperanza de vida al nacimiento no son iguales para cualquier región del mundo; esto se debe, como hemos mencionado, principalmente a dos razones fundamentales: la primera está dada por el nivel de desarrollo socio-económico del país, que determina en cierta medida la composición de las enfermedades de la región, y la segunda se

debe al desarrollo científico en el campo de la salud del mundo. Un estudio realizado por Naciones Unidas (11), muestra que ciertas enfermedades no reducen su incidencia ni aun dentro de los más altos niveles de esperanza de vida al nacimiento, como se puede ver en la gráfica 15.

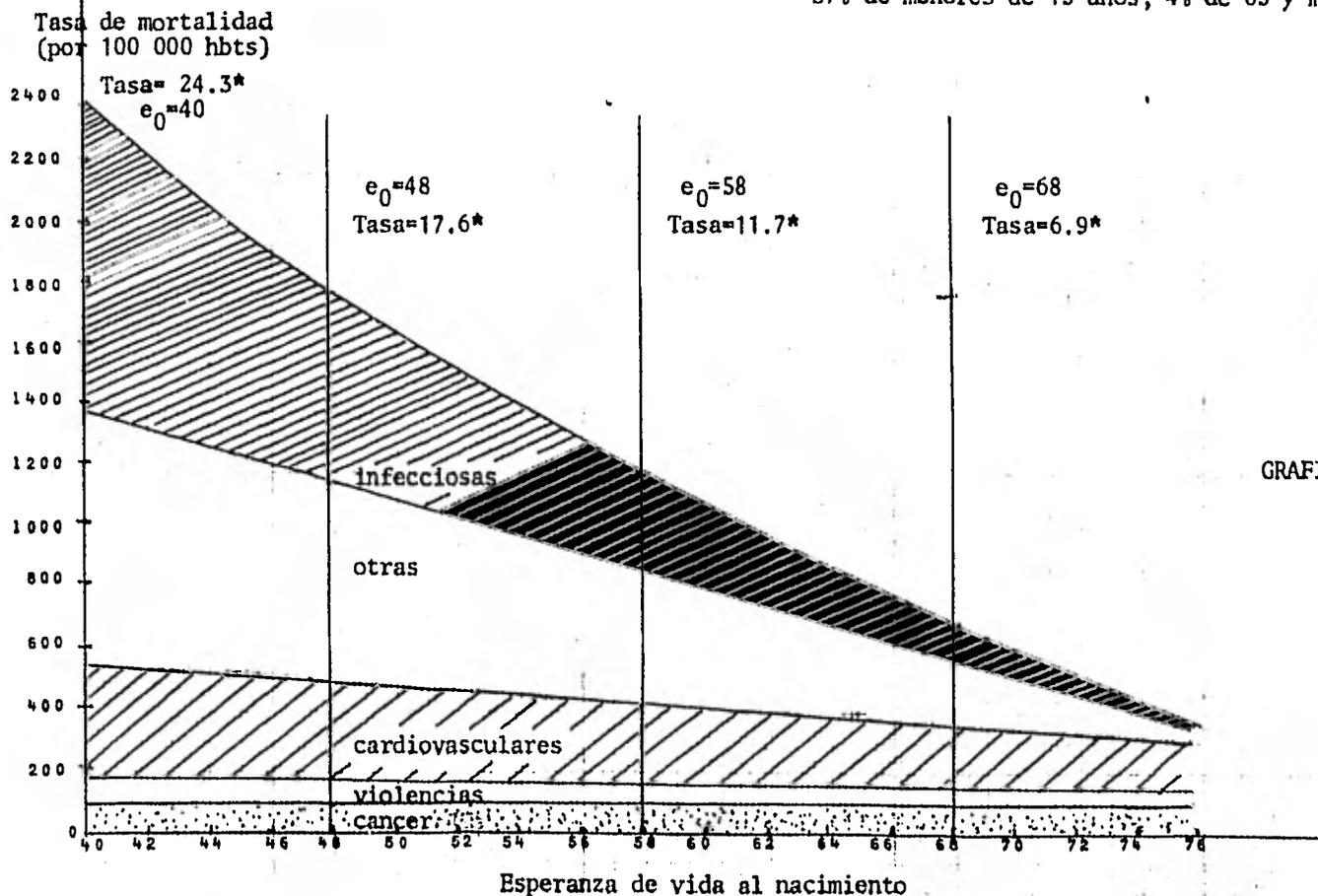
Ahora bien, con base en lo anterior, podemos decir que la evolución de la mortalidad de 1930 a 1960 mostrada en la gráfica 14 es lógica, ya que dado el nivel de mortalidad de 1930 -- 36.86 años de esperanza de vida al nacimiento --, y el nivel de la tecnología mundial, se podían esperar grandes ganancias en la esperanza de vida al nacimiento, lo cual se ve reflejado en el índice H de ese año que es de 0.66 para hombres y 0.63 para mujeres. Además, es lógico que éste nivel se mantuviese durante un número considerable de años ya que las mejoras que se podían hacer en materia de salud eran muchas, y se contaba con los recursos necesarios para llevar a cabo un gran número de ellas. Sin embargo, a medida que se reducen o erradican ciertas enfermedades de tipo infecto-contagioso la ganancia en la esperanza de vida al nacimiento se hace más difícil.

En el cuadro 6 se presenta la distribución relativa de la mortalidad según cinco grandes grupos de causas de de-

11) Naciones Unidas, Boletín de población de las Naciones Unidas, No. 6.

MODELO DE LAS TENDENCIAS DE LA MORTALIDAD POR CAUSAS SEGUN NIVELES DE ESPERANZA DE VIDA AL NACIMIENTO.

En población con estructura por edad "joven":
37% de menores de 15 años, 4% de 65 y más.



GRAFICA 15

* Tasa por todas las causas por 1000 habitantes

Fuente: Naciones Unidas, Boletín de Población No. 6

CUADRO 6

DISTRIBUCION RELATIVA DE LA MORTALIDAD SEGUN
CINCO GRANDES GRUPOS DE CAUSAS, 1930-1967.

Grupo de causas	1930	1950	1960	1967
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
I	42.60	35.93	27.31	23.91
II	0.54	1.78	3.11	3.74
III	3.09	5.84	8.49	6.87
IV	4.14	5.83	6.50	7.15
V	49.63	50.62	54.59	58.33

Los grupos de causas son:

Grupo I: Enfermedades infecciosas y parasitarias, gripe, neumonia y bronquitis en menores de cinco años

Grupo II: Cáncer

Grupo III: Enfermedades cardiovasculares y bronquitis en los mayores de cinco años

Grupo IV: Muertes violentas

Grupo V: Las "otras causas" no comprendidas en los grupos anteriores

Fuente: Alba Francisco, Mortalidad por causas en Dinámica de la población de México, El Colegio de México, 1970, p. 35.

función en los años 1930, 1950, 1960 y 1970. Se observa un rápido descenso del peso de las defunciones debidas a enfermedades infecciosas y parasitarias -- grupo I --, que es una consecuencia directa de campañas sanitarias; el peso de este grupo, dentro de la mortalidad total en cada período, se reduce casi en un 50%, ya que en 1930 representaba el 42.60% de las muertes, y en 1967 se reduce a sólo el 23.91%. Por otra parte, el peso del grupo III, relativo a enfermedades cardiovasculares y bronquitis en los mayores de cinco años se duplica, ya que pasa de 3.09% en 1930 a 6.87% en 1967; y también es muy significativo el aumento de la mortalidad debida a tumores malignos -- grupo II --, que pasa de 0.54% en 1930 a 3.74% en 1967.

Aunque en 1970 se esperaban descensos en la mortalidad, estos descensos se veían más difíciles y por tanto menores conforme la mortalidad desciende. Por lo tanto la pendiente poco pronunciada y ligeramente convexa que describen los índices H a partir de 1970 resulta lógica pues indica que se esperaban cambios no muy marcados, mientras la convexidad indica que la curva se va haciendo asintótica a un nivel de valores H, lo cual resulta lógico, ya que se ha observado (12) que conforme la esperanza de vida al nacimiento se acerca a los 70 años de vida, éste nivel se

12) Naciones Unidas, Factores determinantes y consecuencias de las tendencias demográficas, Cap. V., Naciones Unidas, 1978, pp. 113-165.

hace asintótico.

Por último, el diferencial por sexo previsto en la proyección resulta también lógico ya que los descensos en la mortalidad siempre han demostrado ser más rápidos en mujeres.

CONCLUSIONES

El índice H de Keyfitz refleja sintéticamente las variaciones de la mortalidad en México en forma satisfactoria, sobre todo si este indicador de cambio se utiliza únicamente para analizar la continuidad de los cambios en mortalidad previstos en una proyección de mortalidad.

En el caso de la mortalidad mexicana este índice resultó útil debido a que los cambios en las curvas de mortalidad, en los diferentes períodos, se dieron con mayor impacto sobre el nivel de la curva que sobre la forma de la misma; y a medida que avanza en el tiempo, el cambio en la forma de la curva de mortalidad es aun menor, y los cambios en el nivel son los que van cobrando mayor importancia. Esto hace que el supuesto de cambio proporcional uniforme $\mu^*(x) = \mu(x) (1+\delta)$, que se hace para calcular el índice H, se cumpla, y por tanto éste índice refleje los cambios ocurridos en la mortalidad. También éste hecho nos da la seguridad de que el índice H es un buen indicador sintético de la proyección de la mortalidad, y por tanto nos sirve para observar la continuidad de los cambios pasados y futuros.

El hecho de ser de fácil cálculo debido a la facilidad de las operaciones que intervienen en él, y la accesibilidad de los datos necesarios para su obtención, lo hacen un método deseable para la evaluación de proyecciones de mortalidad, sobre todo en el caso de México.

Finalmente cabe destacar que la proyección realizada por Cabrera y Ordorica resultó ser congruente con los datos obtenidos en el pasado -- índices históricos de H, y hechos en el campo preventivo y curativo de la salud --, lo cual la hace una buena proyección.

BIBLIOGRAFIA

- Arriaga Eduardo, América Latina: el descenso de la mortalidad y sus efectos demográficos, Population Council, Editores Publicaciones, 1975.
- Benitez Raúl y Cabrera Gustavo, Tablas abreviadas de mortalidad de la población de México 1930, 1940, 1950, 1960, El Colegio de México, México D.F., 1967.
- Cabrera Gustavo y Ordorica Manuel, Tablas de mortalidad proyectadas de 1970 a 2000, en Proyecciones de la población mexicana 1970-2000, Cap. II, S.P.P.
- Centro de Estudios Económicos y Demográficos, Dinámica de la población de México, Cap. II, El Colegio de México, México D.F., 1970, pp. 12-44
- Gonzalez Moisés, Población y sociedad en México (1900-1970), V.I; U.N.A.M., 1974, pp.297- 424
- Keyfitz Nathan, Applied mathematical demography, Cap. III, Wiley & Sons, New York, 1977, pp. 54-76.

Naciones Unidas, Factores determinantes y consecuencias de las tendencias demográficas, Cap. V, N.U., 1978, pp. 113-165.

Naciones Unidas, Boletín de población de las Naciones Unidas, No. 6.

ANEXO

TASAS DE MORTALIDAD USADAS EN LA EVALUACION DE LA
PROYECCION DE MORTALIDAD.

CUADRO 1

TASAS MASCULINAS DE MORTALIDAD POR GRUPOS DE EDAD
1930, 1940, 1950, 1960 Y 1970

EDAD x	1930 (a) n^m_x	1940 (a) n^m_x	1950 (a) n^m_x	1960 (a) n^m_x	1970 (b) n^m_x
0	.172741	.144204	.116070	.083674	.076205
1	.080008	.068376	.048449	.021962	.016543
2	.052882	.043358	.030419	.013029	.008708
3	.033610	.025772	.017071	.007846	.005365
4	.022503	.016059	.010126	.004839	.003440
5-9	.011457	.007664	.004979	.002682	.001973
10-14	.005845	.004113	.002689	.001555	.001238
15-19	.007502	.006127	.004276	.002468	.002032
20-24	.009800	.008795	.005615	.003625	.003006
25-29	.011998	.010845	.006933	.004615	.003971
30-34	.013975	.012630	.008348	.005595	.004878
35-39	.016141	.014709	.009905	.006675	.005996
40-44	.018861	.017071	.012425	.008322	.007621
45-49	.022425	.020384	.015473	.010849	.010092
50-54	.027315	.025185	.019498	.014215	.013455
55-59	.034500	.032490	.025175	.019121	.018226
60-64	.045300	.041916	.033495	.025815	.024794
65-69	.061900	.056677	.045367	.036258	.035060
70-74	.088025	.078105	.063125	.051915	.050614
75-79	.127900	.109071	.089083	.071805	.070431
80-84	.187975	.179950	.141250	.102500	.100848
85+	.279995	.259015	.217925	.162495	

Fuente: (a) Benitez y Cabrera, Tablas abreviadas de mortalidad de la población de México, 1930, 1940, 1950, 1960., El Colegio de México, México D.F., 1977.

(b) Cabrera y Ordorica, "Mortalidad" (capítulo II) en Proyecciones de la población mexicana 1970-2000., S.P.P., México D.F., 1977.

CUADRO 2

TASAS FEMENINAS DE MORTALIDAD POR GRUPOS DE EDAD
1930, 1940, 1950, 1960 Y 1970

EDAD x	1930 (a) n^m_x	1940 (a) n^m_x	1950 (a) n^m_x	1960 (a) n^m_x	1970 (b) n^m_x
0	.153338	.126993	.101076	.071975	.063333
1	.082276	.071047	.050693	.023059	.016782
2	.055773	.046734	.033281	.014268	.009126
3	.036526	.027850	.019190	.008473	.005643
4	.023237	.017460	.011293	.005217	.003577
5-9	.011431	.007559	.004930	.002622	.001831
10-14	.005533	.003781	.002395	.001299	.000989
15-19	.007285	.005857	.003407	.001896	.001461
20-24	.008995	.008045	.004505	.002752	.002134
25-29	.010783	.009353	.005643	.003583	.002813
30-34	.012005	.010395	.006453	.004358	.003479
35-39	.013901	.011879	.007524	.005360	.004379
40-44	.016100	.013242	.008738	.006525	.005385
45-49	.019395	.015868	.010684	.008206	.006850
50-54	.024095	.019970	.013803	.010483	.009327
55-59	.031250	.026379	.018801	.014580	.013201
60-64	.042985	.036391	.026816	.020965	.019820
65-69	.060125	.052033	.039658	.032254	.030527
70-74	.087975	.076469	.060241	.047263	.044317
75-79	.133500	.112071	.093231	.072102	.064094
80-84	.198950	.185450	.146104	.117025	.093329
85+	.299925	.267470	.230847	.190044	

Fuente: (a) Benitez y Cabrera, Tablas abreviadas de mortalidad de la población de México, 1930, 1940, 1950, 1960., El Colegio de México, México D.F., 1977.

(b) Cabrera y Ordorica, "Mortalidad" (capítulo II) en Proyecciones de la población mexicana 1970-2000., S.P.P., México D.F., 1977.

CUADRO 3

TASAS MASCULINAS DE MORTALIDAD POR GRUPOS DE EDAD
PROYECTADAS PARA 1975, 1980, 1985, 1990, 1995 Y 2000.

EDAD	1975	1980	1985	1990	1995	2000
x	n^m_x	n^m_x	n^m_x	n^m_x	n^m_x	n^m_x
0	.066169	.060080	.054772	.050145	.040111	.042595
1-4	.006376	.005022	.004003	.003236	.002658	.002223
5-9	.001548	.001282	.001077	.000920	.000799	.000706
10-14	.000986	.000838	.000772	.000631	.000560	.000504
15-19	.001672	.001460	.001294	.001165	.001063	.000984
20-24	.002450	.002137	.001887	.001688	.001529	.001402
25-29	.003209	.002800	.002467	.002196	.001975	.001795
30-34	.003956	.003459	.003048	.002709	.002429	.002198
35-39	.004876	.004293	.003809	.003405	.003069	.002789
40-44	.006364	.005697	.005140	.004674	.004285	.003959
45-49	.008654	.007884	.007234	.006685	.006221	.005829
50-54	.011796	.010932	.010203	.009590	.009072	.008636
55-59	.016273	.015277	.014445	.013749	.013167	.012680
60-64	.022537	.021391	.020442	.019657	.019008	.018471
65-69	.032446	.031164	.030126	.029285	.028605	.028053
70-74	.047634	.046243	.045149	.044287	.043609	.043075
75-79	.069189	.068679	.068371	.068185	.068072	.068004
80-89	.100848	.100848	.100848	.100848	.100848	.100848
85+	.187524	.186230	.185472	.185028	.184768	.184616

Fuente: Cabrera y Ordorica, "Mortalidad" (capítulo II) en Proyecciones de la población mexicana 1970-2000, S.P.P. México D.F., 1977.

CUADRO 4

TASAS FEMENINAS DE MORTALIDAD POR GRUPOS DE EDAD
PROYECTADAS PARA 1975, 1980, 1985, 1990, 1995 Y 2000.

EDAD	1975	1980	1985	1990	1995	2000
x	n^m_x	n^m_x	n^m_x	n^m_x	n^m_x	n^m_x
0	.054795	.049270	.044483	.040336	.036745	.033636
1-4	.006583	.005124	.004027	.003202	.002581	.002115
5-9	.001432	.001166	.000962	.000807	.000688	.000597
10-14	.000768	.000637	.000537	.000459	.000400	.000354
15-19	.001114	.000922	.000776	.000664	.000578	.000513
20-24	.001635	.001362	.001149	.000983	.000854	.000753
25-29	.002212	.001865	.001588	.001367	.001191	.001051
30-34	.002806	.002407	.002084	.001821	.001609	.001437
35-39	.003601	.003139	.002759	.002447	.002190	.001978
40-44	.004555	.004042	.003624	.003259	.002963	.002717
45-49	.005938	.005363	.004887	.004493	.004167	.003897
50-54	.008046	.007333	.006737	.006239	.005823	.005474
55-59	.011596	.010711	.009971	.009352	.008835	.008403
60-64	.017527	.016387	.015419	.014606	.013921	.013346
65-69	.027617	.026107	.024834	.023761	.022856	.022095
70-74	.041141	.039401	.038020	.036923	.036053	.035362
75-79	.062802	.061574	.060754	.060206	.059840	.059595
80-84	.093329	.093329	.093329	.093329	.093329	.093329
85+	.175884	.174667	.174023	.173682	.173502	.173407

Fuente: Cabrera y Ordorica, "Mortalidad" (capítulo II) en Proyecciones de la población mexicana 1970-2000, S.P.P. México D.F., 1977.