

70
2e1



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

DESCRIPCION Y PROYECCION DE LA FECUNDIDAD POR ORDEN DE NACIMIENTO EN MEXICO: 1990 - 2010



T E S I S
Que para obtener el título de
A C T U A R I O
p r e s e n t a
MARIA LUISA NOLASCO OCHOA

Director de Tesis: Act. Alejandro Mina Valdés



OCTUBRE DE 1997

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:
Descripción y proyección de la Fecundidad por orden de nacimiento
en México: 1990 - 2010.

realizado por María Luisa Nolasco Ochoa

con número de cuenta 8721135-5 , pasante de la carrera de Actuaría

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario

Act. Alejandro Mina Valdés

Propietario

Act. Jorge Ochoa Ugalde

Propietario

Act. José Alberto Nava Aguirre

Suplente

Act. Aurora Valdés Michel

Suplente

M. en C. Virginia Abrín Batule *Virginia Abrin Batule*

Consejo Departamental de Matemáticas

Mtra. M^{te}. del Pilar Alonso Reyes

MATEMÁTICAS

A MIS PADRES:

**Ma. del Refugio Ochoa Martínez y Gilberto Nolasco
Becerril. Por su amor, apoyo y confianza de siempre.
Por ser el motivo y razón de mi esfuerzo de cada día.**

A MIS HERMANOS Y FAMILIA:

**Silvia, Rocío, Carlos, Javier, Freddy, Elías, Nelly,
Carlitos, Luisito, Carmen. Por su cariño, apoyo y
comprensión.**

A mis amigos de siempre:

**Josefina, Karla, Nancy, Pilar, Yadira, Rita, Ricardo,
Gabriela y Luis Felipe. Por su amistad incondicional. Y
a los que durante todo este tiempo han estado
conmigo: Eleana, Roberto, Ma. Carmen, gracias.**

**Agradezco al Act. Alejandro Mina, M. en C. Virginia
Abrín, Act. José A. Nava, Act. Aurora Valdés, Act. Jorge
Ochoa; a la Facultad de Ciencias, al Colegio Nacional
de Actuarios; así como a todas y cada una de aquellas
personas que me dedicaron su atención, apoyo y
tiempo para la elaboración del presente trabajo.**

ÍNDICE

| | Pág. |
|--|------------|
| INTRODUCCIÓN | |
| ANTECEDENTES | 1 |
| 1. FUNCIONES DE GOMPERTZ Y MAKEHAM | 3 |
| 2. PRESENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA | 8 |
| 2.1 Determinación de los parámetros de la Función de Makeham. | 8 |
| 2.2 Método de Corrección de los valores estimados. | 13 |
| 2.3 Determinación de los Datos. | 15 |
| a) Tasas Específicas de Fecundidad por Edad de la Madre y Orden de Nacido Vivo. | |
| b) Tasas Acumuladas de Fecundidad por Edad de la Madre y Orden de Nacido Vivo. | |
| 3. FUENTES DE DATOS | 17 |
| 3.1 Población femenina por edad y por número de hijos nacidos vivos para los Estados Unidos Mexicanos en 1990. | 18 |
| 3.2 Población femenina por edad y por número de hijos nacidos vivos a nivel regional en los Estados Unidos Mexicanos en 1990. | 18 |
| 3.2.1. Región Norte | |
| 3.2.2. Región Pacífico Norte | |
| 3.2.3. Región Pacífico Sur | |
| 3.2.4. Región Sur | |
| 3.2.5. Región Golfo | |
| 3.2.6. Región Centro Periférico | |
| 3.2.7. Región Centro | |
| 4. RESULTADOS | 23 |
| 4.1 Para los Estados Unidos Mexicanos. | 23 |
| 4.2 Para las Regiones Norte, Pacífico Norte, Pacífico Sur, Sur, Golfo, Centro Periférico y Centro de los Estados Unidos Mexicanos. | 35 |
| 4.3 Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento para los años 2000, 2005 y 2010. | 71 |
| 5. CONCLUSIONES | 104 |
| ANEXO | |
| BIBLIOGRAFÍA | |

INTRODUCCIÓN

El incremento de la población es un obstáculo importante para todos aquellos esfuerzos encaminados a mejorar las condiciones de vida de un país. El problema es mayor en países como el nuestro, considerados del tercer mundo, cuyo desarrollo económico no avanza al mismo tiempo que su crecimiento demográfico.

De lo anterior se desprende la importancia de la Demografía, ciencia social que se encarga del estudio del cambio de las poblaciones humanas referido dicho movimiento a una entidad y a un conjunto bien definido. Esta ciencia permite una descripción estadística de las poblaciones humanas en cuanto a su estado en una fecha dada y a los hechos demográficos que se producen en esas poblaciones.

Como fuentes de datos de la Demografía se encuentran los Censos demográficos, cuya aportación al estudio de una población es de gran relevancia. Sin embargo, el caudal de información que puede obtenerse a través de ellos puede no tener un sentido más profundo si no se realizan análisis que aporten soluciones a la realidad de la población, pero sobre todo si no se definen las herramientas adecuadas que permitan explotar la información y obtener la confiabilidad necesaria en dichos análisis.

Debe ser claro, que todo estudio que se inicia busca un objetivo, y la Demografía, a través de sus estudios aporta las bases necesarias en el beneficio de la toma de decisiones al permitir prever situaciones tales como el crecimiento de una población determinada, la explosión demográfica, los movimientos migratorios que puedan desestabilizar la economía, etc.

El crecimiento de la población es una variable sumamente delicada y poder prever su comportamiento constituye una labor interesante; así poder encontrar la herramienta que proporcione los parámetros adecuados para planear un mejor futuro constituye un fuerte aliciente para quien desee adentrarse en este campo.

Así el objetivo principal del presente trabajo, dentro de sus limitaciones, es estimar a nivel nacional y regional las tasas acumuladas por edad de la madre y por orden de nacimiento en 1990 y describir matemáticamente su comportamiento empleando la Función de Makeham, presentando las proyecciones de dichas distribuciones de fecundidad para los años 2000, 2005 y 2010. Puede considerarse que el período elegido para realizar la proyección, veinte años, es relativamente corto pero esto realmente conviene a nuestros fines, ya que la variante situación de una población no permite realizar proyecciones confiables a plazos mucho mayores.

Por lo anterior, surge la inquietud de presentar un método que describa en forma satisfactoria el fenómeno demográfico de la fecundidad a través de las Tasas Acumuladas por edad de la madre y orden de nacido vivo en los Estados Unidos Mexicanos. Mostrando los resultados que pueden obtenerse y con el propósito de establecer la eficacia de una función como lo es la Función de Makeham, en la reproducción de los valores de estas tasas, pero sobre todo en la proyección de las mismas.

Para cumplir con lo anterior, se recopiló la información referente al total de la Población femenina por edad y por número de hijos nacidos vivos según grupos quinquenales de edad de la mujer a nivel nacional en los Estados Unidos Mexicanos. Esta información se tomó de las estadísticas vitales obtenidas del XI Censo Nacional de Población.

Esta información se manejó por grupos quinquenales de acuerdo a un intervalo de fecundidad, el cual está dado entre los 15 y los 50 años. Además, se consideró hasta el quinto orden de nacido vivo para la obtención de las Tasas Específicas de Fecundidad y por consiguiente las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento.

Se convino la posibilidad de obtener resultados a nivel nacional y definir siete regiones, donde se integraron los 31 estados de la República Mexicana de acuerdo a su situación geográfica. Es importante establecer que la determinación de las variables a considerar para el análisis por regiones puede ser muy diversas, sin embargo y apégándonos al objetivo de comprobar la eficiencia de la Función de Makeham en la

descripción de las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento, únicamente se consideró como una característica para la definición de las regiones la ubicación geográfica de los estados. Es así que un análisis más detallado podría ser al considerar variables tales como la densidad de la población, el mismo número de estados por región, etc.

Estas regiones son: Región Pacífico Norte, Región Norte, Región Pacífico Sur, Región Sur, Región Golfo, Región Centro Periférico y Región Centro.

Una vez obtenida la información fue necesario trabajar el método que permite la obtención de los parámetros involucrados en la Función de Makeham, no sin antes explicar el origen de dicha función. Se procedió a realizar los cálculos, poniendo en práctica el método de obtención de parámetros.

La confiabilidad de la información obtenida se optimizó con el método de corrección de parámetros a fin de lograr aproximaciones más valiosas. Por último se calcularon las proyecciones convenidas para los años 2000, 2005 y 2010.

Estos resultados se apoyaron con la presentación de gráficas por orden de nacimiento tanto a nivel nacional como regional .

El contenido del presente trabajo está dividido en cinco apartados, iniciando con una parte de Antecedentes donde se hace referencia a la importancia de la Función de Makeham en diversas aplicaciones de la Demografía. En el primer apartado se expone el origen y definición de la Función de Makeham: cómo a través de las propuestas de Gompertz y la integración de variables, Makeham llega a lo que se conoce como la Ley de Makeham, función que se propone como herramienta en la descripción de fenómenos demográficos.

El segundo apartado se dedica a la presentación del método para obtener los parámetros K , a , b y d de la Función de Makeham; así como la presentación del método de corrección de los valores de los parámetros anteriores. También se incluye la

definición del cálculo de las Tasas Específicas de Fecundidad y las Tasas Acumuladas ambas por edad de la madre y orden de nacido vivo.

En el apartado tres se describe la fuente información y los datos que servirán para el cálculo.

El cuarto apartado muestra los resultados obtenidos después de aplicar el método propuesto, se presentan las Funciones de Makeham que describen las Tasas Acumuladas, así como los valores estimados con las mismas. Concluye con las proyecciones a nivel nacional y regional de los años 2000, 2005 y 2010.

Por último en el quinto apartado se dan las conclusiones a las que se llegaron, los alcances obtenidos y las limitaciones tenidas tras el desarrollo del trabajo.

ANTECEDENTES

El estudio y análisis de la Función de Makeham a través del tiempo ha dado como resultado el encontrar una herramienta de trabajo que permite describir diversos fenómenos demográficos y económicos considerando momentos y situaciones específicos.

Es posible encontrar dentro de los trabajos basados en la aplicación del modelo de Makeham descripciones bastante adecuadas para los casos de mortalidad, nupcialidad, etc. (Bocaz, Albino 1974). Como ejemplo se puede citar los trabajos realizados para encontrar la función que permitiera describir y desagregar la serie $l(x)$ de la tabla de mortalidad para los hombres a nivel nacional en 1975 (Mina, Alejandro 1982). Este trabajo presentó la función de Makeham que describe el comportamiento de dicha serie desde la edad cero hasta la edad 70.

Siguiendo con los trabajos realizados para el fenómeno de mortalidad, a través de la Función de Makeham encontramos las propuestas para describir ciertos patrones de mortalidad a partir de la mortalidad real de un país determinado.

Sin embargo, no sólo en este renglón es posible encontrar la aplicación de la Función de Makeham, ya que en se han realizado trabajos como la proyección de poblaciones observando los cambios en los parámetros a partir de las variaciones en la mortalidad y la fecundidad.

Además, se considera como una gran herramienta a la Función de Makeham en el estudio de la fecundidad donde se han propuesto aplicaciones importantes para la descripción de ciertas situaciones como es el caso de la descripción del comportamiento de las tasas de fecundidad por edad y orden de nacimiento.

Es así que los resultados obtenidos en la aplicación de la Función de Makeham respaldan la iniciativa de emplear esta función en estudios que confirmen su utilidad y permitan mayores posibilidades en el estudio de los fenómenos demográficos.

Como ya se mencionó en la introducción de este trabajo, la Demografía es una ciencia social encargada del estudio del cambio de las poblaciones humanas referido éste a una entidad y a un conjunto bien definido; como lo hace ver esta definición, el objeto de estudio de la Demografía son las poblaciones humanas.

Es así como la Demografía permite una descripción estadística de dichas poblaciones, en cuanto a su estado en una fecha dada y a los hechos demográficos que se producen en ellas.

Para efectos del presente trabajo, el concepto de Tasa de Fecundidad por edad debe manejarse como la relación entre los nacimientos que provienen de mujeres con una edad dada y la cifra total de mujeres para esta edad.

En el fenómeno de Fecundidad puede hablarse de Tasas Específicas de Fecundidad, cuyo cálculo involucra los nacimientos de hijos cuyas madres tenían en el momento de parir la edad j o su edad se comprendía en el grupo j , y la población femenina con edad j o en el grupo de la edad j .

La característica especial que distingue a las tasas que se utilizarán en este trabajo es el orden de nacidos vivos, el cual se refiere al orden numérico de los hijos nacidos vivos de una mujer.

1. FUNCIONES DE GOMPERTZ Y MAKEHAM

El objetivo del presente trabajo es estimar a nivel nacional y regional las tasas acumuladas por edad de la madre y por orden de nacimiento en 1990 y describir matemáticamente su comportamiento empleando la Función de Makeham, presentando las proyecciones de dichas distribuciones de fecundidad para los años 2000, 2005 y 2010. Para ello a continuación se muestra el origen y desarrollo de esta función.

La importancia de poder establecer funciones que logren describir satisfactoriamente los fenómenos demográficos se ve representada en los trabajos realizados por Gompertz y Makeham.

Gompertz desarrolló una ley matemática (La Ley de Gompertz), la cual describe la mortalidad experimentada por una población dada; Gompertz en su ley supone que la resistencia del hombre a la muerte decrece a una tasa proporcional a sí misma (MINA Valdés, Alejandro. 1982) y que las causas de muerte pueden agruparse en dos rubros que son los siguientes:

- a) aquellas independientes de la edad,
- b) aquellas en las que el organismo ofrece una resistencia que se va perdiendo con el tiempo.

Al establecer su ley, Gompertz se basa únicamente en las causas de muerte dependientes de la edad; para lo cual define la tasa instantánea de mortalidad (M_x) a la que está sujeta la población y la cual representa la susceptibilidad del hombre a la muerte, así como el recíproco de dicha tasa como la resistencia del hombre a la muerte.

Con estos supuestos la Ley de Gompertz puede definirse con la siguiente expresión (MINA Valdés, Alejandro. 1982) :

$$\frac{d}{dx} (1/M_x) = -h (1/M_x) \quad (1)$$

Donde:

$1/M_x$ = Recíproco de la Tasa Instantánea de Mortalidad (M_x)

h = Tasa a la cual decrece la resistencia del hombre a la muerte.

Para desarrollar la expresión (1) se considera lo siguiente:

- a) Se dividen ambos miembros de la igualdad entre el recíproco de la Tasa Instantánea de Mortalidad, es decir entre $1/Mx$ y se integra con respecto a x para obtener el siguiente resultado:

$$\int \frac{d(1/Mx)}{1/Mx} dx = -h \int dx \quad (2)$$

$$\ln(1/Mx) + \ln B = -hx \quad (3)$$

- b) Con las leyes de los logaritmos se obtiene:

$$\ln \frac{B}{Mx} = -hx \quad (4)$$

- c) Aplicando antilogaritmo en ambos lados de la igualdad:

$$\frac{B}{Mx} = e^{-hx} \quad (5)$$

- d) Se multiplica por los inversos de e^{-hx} y $1/Mx$, es decir por e^{hx} y Mx para obtener la siguiente expresión para Mx :

$$Mx = Be^{hx} \quad (6)$$

- e) Si denotamos a e^h como C , la expresión para Mx es la siguiente:

$$Mx = BC^x \quad (7)$$

Hasta aquí se ha encontrado una expresión para la Tasa Instantánea de Mortalidad a partir del supuesto de Gompertz. Si ahora se parte de la definición de Tasa Instantánea de Mortalidad considerando el cambio que se observa en los sobrevivientes de una población ($l(x)$), se tiene el siguiente límite donde h tiende a 0:

$$Mx = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{l(x) - l(x+h)}{h l(x)} \quad (8)$$

$$Mx = \frac{-1}{l(x)} \lim_{h \rightarrow 0} \frac{l(x+h) - l(x)}{h} \quad (9)$$

Por la definición de derivada se tiene:

$$Mx = -\frac{1}{l(x)} \frac{d}{dx} l(x) \quad (10)$$

$$Mx = -\frac{d}{dx} \ln l(x) \quad (11)$$

Se ha logrado expresar la Tasa Instantánea de Mortalidad (Mx) como la derivada con respecto a x del logaritmo de la función $l(x)$; ahora se busca encontrar una expresión para $l(x)$. Si se integra y evalúa la expresión (11) con respecto a y en el intervalo $(0,x)$, se obtiene:

$$\int_0^x My \, dy = - \int_0^x \frac{d}{dy} \ln l(y) \, dy \quad (12)$$

$$= - \ln l(y) \Big|_0^x \quad (13)$$

$$= - [\ln l(x) - \ln l(0)] \quad (14)$$

Por las leyes de los logaritmos tenemos que:

$$\int_0^x My \, dy = - \ln \frac{l(x)}{l(0)} \quad (15)$$

Multiplicando por -1 la expresión (15):

$$\ln \frac{l(x)}{l(0)} = - \int_0^x My \, dy \quad (16)$$

Para eliminar el logaritmo del primer miembro de nuestra igualdad se aplica antilogaritmo:

$$l(x) / l(0) = e^{- \int_0^x My \, dy} \quad (17)$$

Finalmente se despeja $l(x)$ obteniendo el siguiente resultado:

$$l(x) = l(0) e^{- \int_0^x My \, dy} \quad (18)$$

Esta expresión servirá más adelante para establecer el modelo matemático que se utilizará en el presente trabajo.

Hasta este momento se conoce la expresión que define la Ley de Gompertz; sin embargo es necesario considerar los supuestos que Makeham estableció en su ley.

Makeham propone integrar, en el modelo que define la Ley de Gompertz, la primera de las dos causas de muerte supuestas por Gompertz y la cual no fue considerada en el modelo. Es decir,

propone considerar dentro de un modelo matemático, tanto las causas independientes de la edad como las dependientes.

Makeham establece la siguiente ley (MINA Valdés, Alejandro. 1982):

$$M_x = A + BC^x \quad (19)$$

Donde:

- M_x = Tasa Instantánea de Mortalidad bajo los supuestos de Makeham
- A = Parámetro asociado al efecto de las causas de muerte independientes de la edad, las cuales no fueron consideradas en la determinación de la Ley de Gompertz.
- BC^x = Expresión que define la Ley de Gompertz.

Desarrollando la expresión (19), se integran ambos miembros de la igualdad en el intervalo $(0, x)$, es decir:

$$\int_0^x My \, dy = \int_0^x (A + BC^y) \, dy \quad (20)$$

Se resuelven las integrales y se evalúan:

$$\int_0^x My \, dy = \int_0^x A \, dy + \int_0^x BC^y \, dy \quad (21)$$

$$\int_0^x My \, dy = Ay \Big|_0^x + (BC^y / \ln C) \Big|_0^x \quad (22)$$

$$\int_0^x My \, dy = Ax + BC^x / \ln C - B / \ln C \quad (23)$$

Simplificando la expresión (23) y multiplicándola por -1 se obtiene:

$$-\int_0^x My \, dy = -Ax - B / \ln C (C^x - 1) \quad (24)$$

Se renombran los siguientes términos para expresar la igualdad (24) en términos de logaritmos, para ello, realizamos lo siguiente: -A se denotará como $\ln S$ y $-B/\ln C$ como $\ln g$, por lo que la expresión (24) queda:

$$-\int_0^x My \, dy = x \ln S + (C^x - 1) \ln g \quad (25)$$

La cual se puede simplificar utilizando las leyes de los logaritmos para obtener:

$$-\int_0^x My \, dy = \ln S^x + \ln g^{(C^x - 1)} \quad (26)$$

$$-\int_0^x My dy = \ln S^A g^{(u \cdot x)} \quad (27)$$

Este resultado permite encontrar una nueva definición para la expresión (18):

$$l(x) = l(0) e^{-\int_0^x My dy} \quad (18)$$

Así sustituyendo la expresión (27) en la expresión (18) tenemos:

$$l(x) = l(0) e^{\ln S^A g^{(u \cdot x)}} \quad (28)$$

$$l(x) = l(0)(S^A g^{(u \cdot x)}) \quad (29)$$

$$l(x) = l(0)(S^A g^{(u \cdot x)} g^{-1}) \quad (30)$$

$$l(x) = \frac{l(0)}{g} S^A g^{(u \cdot x)} \quad (31)$$

Si denotamos $l(0)/g$ como K , tenemos la siguiente expresión:

$$l(x) = KS^A g^{(u \cdot x)} \quad (32)$$

Esta expresión (32) es la Ley de Makeham, siendo entonces la Función de Makeham la siguiente:

$$Y(x) = Ka^x b^x \quad (33)$$

La Ley de Makeham fue utilizada en un principio para describir el cambio relativo de la línea (l_x) de supervivientes en una tabla de mortalidad, la cual supone que podría ser descrita por una función de la forma $Mx = A + BC^x$ (BOCAZ, Albino. 1974).

Los resultados obtenidos por Bocaz hacen suponer que la Función de Makeham permite obtener el modelo matemático que describirá satisfactoriamente el comportamiento de las Tasas Acumuladas por Edad de la Madre y por Orden de nacimiento en 1990 de los Estados Unidos Mexicanos.

2. PRESENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA

2.1 Determinación de los parámetros K, a, b y d de la Función de Makeham.

Para determinar los parámetros K, a, b y d de la Función de Makeham se utilizará el Método de los Grupos no Superpuestos (BOCAZ, Albino. 1974); para el cual es necesario determinar las siguientes condiciones:

- a) Los datos se dividirán en cuatro grupos de observaciones sucesivas (y_x).
 b) Cada grupo deberá contar con el mismo número de valores observados (m). Por lo que, para aplicar este método, se necesita conformar los siguientes grupos:

Primer Grupo: (34)

$$x : 0 \quad 1 \quad 2 \quad 3... \quad (m-1)$$

$$y_x : y_0 \quad y_1 \quad y_2 \quad y_3... \quad y_{(m-1)}$$

Segundo Grupo: (35)

$$x : m \quad (m+1) \quad (m+2) \quad (m+3)... \quad (2m-1)$$

$$y_x : y_m \quad y_{m+1} \quad y_{m+2} \quad y_{m+3}... \quad y_{2m-1}$$

Tercer Grupo: (36)

$$x : 2m \quad (2m+1) \quad (2m+2) \quad (2m+3)... \quad (3m-1)$$

$$y_x : y_{2m} \quad y_{2m+1} \quad y_{2m+2} \quad y_{2m+3}... \quad y_{3m-1}$$

Cuarto Grupo: (37)

$$x : 3m \quad (3m+1) \quad (3m+2) \quad (3m+3)... \quad (4m-1)$$

$$y_x : y_{3m} \quad y_{3m+1} \quad y_{3m+2} \quad y_{3m+3}... \quad y_{4m-1}$$

- c) Para linealizar la expresión (33) del apartado anterior, se calculan los logaritmos decimales de las y_x 's en cada uno de los grupos definidos en el inciso anterior, es decir:

$$\log y_i = \log K a^i b^d \quad \text{para } i = 0, 1, 2, \dots (4m-1) \quad (38)$$

$$\log y_i = \log K + i \log a + d' \log b \quad \text{para } i = 0, 1, 2, \dots (4m-1) \quad (39)$$

- d) A continuación se calculan las sumas de los logaritmos de cada uno de estos grupos y se denotan dichas sumas como S_0 , S_1 , S_2 y S_3 respectivamente.

Para el Primer Grupo tenemos:

$$S_0 = \sum \log y_i = \sum \log K + \sum i \log a + \sum d' \log b \quad \text{para } i = 0, 1, 2, \dots (m-1) \quad (40)$$

Si se desarrolla cada término del miembro derecho:

$$1) \sum \log K = m \log K$$

2) $\sum \log a$ para toda i , donde $\sum i$ es una progresión aritmética donde el primer término de la sucesión es 0, la diferencia común es 1 y el número de observaciones es m . La suma de esta sucesión es $m(m-1)/2$; por lo tanto:

$$\sum \log a = m(m-1)/2 \log a$$

3) $\sum d^i \log b$, donde $\sum d^i$ es una progresión geométrica donde el primer término de la sucesión es d^0 , la razón común es d y el número de observaciones es m . La suma de esta sucesión es $d^0(d^m - 1)/(d - 1)$ y por lo tanto:

$$\sum d^i \log b = d^0(d^m - 1)/(d - 1) \log a = (d^m - 1)/(d - 1) \log b$$

Así la suma para el Primer Grupo de observaciones es:

$$S_0 = m \log K + \frac{m(m-1)}{2} \log a + \frac{d^m - 1}{d - 1} \log b \quad (41)$$

Seguendo el procedimiento anterior, se obtienen las sumas para el resto de los grupos:

$$S_1 = m \log K + [m^2 + \frac{m(m-1)}{2}] \log a + d^m \frac{d^m - 1}{d - 1} \log b \quad (42)$$

$$S_2 = m \log K + [2m^2 + \frac{m(m-1)}{2}] \log a + d^{2m} \frac{d^m - 1}{d - 1} \log b \quad (43)$$

$$S_3 = m \log K + [3m^2 + \frac{m(m-1)}{2}] \log a + d^{3m} \frac{d^m - 1}{d - 1} \log b \quad (44)$$

e) Ahora se calculan las primeras diferencias de la sumas S_0 , S_1 , S_2 y S_3 y denotando estas diferencias con ΔS_0 , ΔS_1 y ΔS_2 :

$$\Delta S_0 = S_1 - S_0 \quad (45)$$

$$\Delta S_0 = m \log K + [m^2 + \frac{m(m-1)}{2}] \log a + d^m \frac{d^m - 1}{d - 1} \log b - [m \log K + \frac{m(m-1)}{2} \log a + \frac{d^m - 1}{d - 1} \log b] \quad (46)$$

La expresión anterior se puede reducir para obtener:

$$\Delta S_0 = m^2 \log a + \frac{d^m - 1}{d - 1} [d^m - 1] \log b \quad (47)$$

$$\Delta S_0 = m^2 \log a + \frac{(d^m - 1)^2}{d - 1} \log b \quad (48)$$

$$\Delta S_1 = S_2 - S_1 \quad (49)$$

$$\Delta S_1 = m \log K + [2m^2 + \frac{m(m-1)}{2}] \log a + d^{2m} \frac{d^m - 1}{d - 1} \log b -$$

$$\left[m \log K + \left[m^2 + \frac{m(m-1)}{2} \right] \log a + d^m \frac{d^m - 1}{d - 1} \log b \right] \quad (50)$$

$$\Delta S_1 = m^2 \log a + \frac{d^m - 1}{d - 1} [d^{2m} - d^m] \log b \quad (51)$$

$$\Delta S_1 = m^2 \log a + \frac{d^m - 1}{d - 1} [d^m - 1] d^m \log b \quad (52)$$

$$\Delta S_1 = m^2 \log a + d^m \frac{(d^m - 1)^2}{d - 1} \log b \quad (53)$$

$$\Delta S_2 = S_3 - S_2 \quad (54)$$

$$\Delta S_2 = m \log K + \left[3m^2 + \frac{m(m-1)}{2} \right] \log a + d^{3m} \frac{d^m - 1}{d - 1} \log b -$$

$$\left[m \log K + \left[2m^2 + \frac{m(m-1)}{2} \right] \log a + d^{2m} \frac{d^m - 1}{d - 1} \log b \right] \quad (55)$$

$$\Delta S_2 = m^2 \log a + \frac{d^m - 1}{d - 1} [d^{3m} - d^{2m}] \log b \quad (56)$$

$$\Delta S_2 = m^2 \log a + \frac{d^m - 1}{d - 1} [d^{3m} - 1] d^{2m} \log b \quad (57)$$

$$\Delta S_2 = m^2 \log a + d^{2m} \frac{(d^m - 1)^2}{d - 1} \log b \quad (58)$$

f) Se continúa con el proceso calculando las segundas diferencias, las cuales se denotarán como $\Delta^2 S_0$ y $\Delta^2 S_1$.

$$\Delta^2 S_0 = \Delta S_1 - \Delta S_0 \quad (59)$$

$$\Delta^2 S_0 = m^2 \log a + d^m \frac{(d^m - 1)^2}{d - 1} \log b - \left[m^2 \log a + \frac{(d^m - 1)^2}{d - 1} \log b \right] \quad (60)$$

$$\Delta^2 S_0 = \frac{(d^m - 1)^2}{d - 1} (d^m - 1) \log b \quad (61)$$

$$\Delta^2 S_0 = \frac{(d^m - 1)^3}{d - 1} \log b \quad (62)$$

$$\Delta^2 S_1 = \Delta S_2 - \Delta S_1 \quad (63)$$

$$\Delta^2 S_1 = m^2 \log a + d^{2m} \frac{(d^m - 1)^2}{d - 1} \log b - \left[m^2 \log a + d^m \frac{(d^m - 1)^2}{d - 1} \log b \right] \quad (64)$$

$$\Delta^2 S_1 = \frac{(d^m - 1)^2}{d - 1} (d^{2m} - d^m) \log b \quad (65)$$

$$\Delta^2 S_1 = d^m \frac{(d^m - 1)^2}{d - 1} \log b \quad (66)$$

g) Con los resultados anteriores se encontrarán las expresiones para los parámetros a, b y d. Para encontrar el parámetro d se utiliza la expresión (66) y el resultado encontrado en (62), de la siguiente manera:

$$\Delta^2 S_1 = d^m \frac{(d^m - 1)^2}{d - 1} \log b = d^m \Delta^2 S_0 \quad (67)$$

Despejando d^m y calculando la raíz m -ésima se tiene que d puede expresarse como:

$$d^m = \frac{\Delta^2 S_1}{\Delta^2 S_0} \quad (68)$$

$$d = (\Delta^2 S_1 / \Delta^2 S_0)^{1/m} \quad (69)$$

Para encontrar el parámetro b se retoma el resultado obtenido en (62). Primero se despeja el logaritmo de b para después aplicar antilogaritmo y obtener b :

$$\Delta^2 S_0 = \frac{(d^m - 1)^2}{d - 1} \log b$$

$$\Delta^2 S_0 \frac{d - 1}{(d^m - 1)^2} = \log b \quad (70)$$

$$\text{Antilog}(\log b) = \text{Antilog} \left[\frac{d - 1}{(d^m - 1)^2} \Delta^2 S_0 \right] \quad (71)$$

$$b = \text{Antilog} \left[\frac{d - 1}{(d^m - 1)^2} \Delta^2 S_0 \right] \quad (72)$$

El parámetro a se calculará a partir de las expresiones (48) y (62):

$$\Delta S_0 = m^r \log a + \frac{(d^m - 1)^r}{d - 1} \log b$$

$\log b$ puede expresarse a partir de (62), es decir:

$$\Delta S_0 = m^r \log a + \frac{(d^m - 1)^r}{d - 1} \frac{d - 1}{(d^m - 1)^2} \Delta^2 S_0 \quad (73)$$

Se despeja el $\log a$ y se aplica antilogaritmo:

$$\log a = \frac{1}{m^r} \left(\Delta S_0 - \frac{\Delta^2 S_0}{d^m - 1} \right) \quad (74)$$

$$\text{Antilog } a = \text{Antilog} \left[\frac{1}{m^r} \left(\Delta S_0 - \frac{\Delta^2 S_0}{d^m - 1} \right) \right] \quad (75)$$

$$a = \text{Antilog} \left[\frac{1}{m^r} \left(\Delta S_0 - \frac{\Delta^2 S_0}{d^m - 1} \right) \right] \quad (76)$$

Por último, el parámetro K se obtendrá a partir de la condición de mínimos cuadrados, es decir:

$$y_x = K a^x b^{d^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, \dots, 4m - 1$$

$$\sum_{x=0}^{4m-1} (y_x - K a^x b^{d^x})^2 = 0 \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, \dots, 4m - 1 \quad (77)$$

Para simplificar la expresión, se denota como V_x a $a^x b^{d^x}$, por lo tanto (77) se expresa como:

$$\sum_{x=0}^{4m-1} (y_x - K V_x)^2 = 0 \quad (78)$$

Desarrollando $(y_x - KV_x)^2$ se obtiene:

$$(y_x - KV_x)^2 = (y_x^2 - 2Ky_xV_x + K^2 V_x^2) \quad (79)$$

$$= (y_x^2 - 2y_x^2 + K^2 V_x^2) \quad (80)$$

$$= (K^2 V_x^2 - F_x^2) \quad (81)$$

Este resultado permite expresar (78) como:

$$\sum_0^{4m-1} (K^2 V_x^2 - y_x^2) = 0 \quad (82)$$

$$\sum_0^{4m-1} K^2 V_x^2 = \sum_0^{4m-1} y_x^2 \quad (83)$$

Se despeja K^2 de (83):

$$K^2 = \frac{\sum_0^{4m-1} y_x^2}{\sum_0^{4m-1} V_x^2} \quad (84)$$

Para eliminar el cuadrado de la K, se sabe que $y_x = KV_x$ según la expresión (78), por lo tanto es posible expresar (84) como:

$$K^2 = \frac{\sum_0^{4m-1} y_x KV_x}{\sum_0^{4m-1} V_x^2} \quad (85)$$

Dada la expresión (85) es posible estimar K de la siguiente manera:

$$K = \frac{\sum_0^{4m-1} y_x V_x}{\sum_0^{4m-1} V_x^2} \quad (86)$$

Para sintetizar este inciso, a continuación se presentan las estimaciones de los parámetros de la Función de Makeham:

$$a = \text{Antilog} \left[\frac{1}{m^2} \left(\Delta S_0 - \frac{\Delta^2 S_0}{d^m - 1} \right) \right]$$

$$d = (\Delta^2 S_1 / \Delta^2 S_0)^{1/m}$$

$$b = \text{Antilog} \left[\frac{d-1}{(d^m-1)^2} \Delta^2 S_0 \right]$$

$$K = \frac{\sum_0^{4m-1} y_x V_x}{\sum_0^{4m-1} V_x^2}$$

2.2 Método de Corrección de los valores estimados para los parámetros K, a, b y d.

Una vez obtenidos los valores de los parámetros K, a, b y d de la Función de Makeham, es posible realizar pequeñas variaciones en ellos con el objetivo de calcular una mejor aproximación a los valores observados.

La Función de Makeham presentará, con estas variaciones, cambios significativos que se denotarán con Dy. Dichos cambios se podrán obtener a través del proceso que a continuación se describe:

$$\text{Sea } y_x = Ka^x b^{d^x} \text{ para toda } x = 0, 1, 2, 3, \dots, 4_m - 1 \quad (1)$$

Se obtiene el logaritmo natural de la función (1):

$$\begin{aligned} \ln y_x &= \ln (Ka^x b^{d^x}) \\ &= \ln K + x \ln a + \ln b^{d^x} \\ &= \ln K + x \ln a + d^x \ln b \end{aligned} \quad (2)$$

Hay que calcular la derivada de la expresión (2):

$$\frac{d}{dy_x} \ln y_x = \frac{d}{du} (\ln K + x \ln a + d^x \ln b) \quad (3)$$

Al calcular la derivada se puede considerar que:

$$\frac{d}{dy_x} \ln y_x = \frac{1}{y_x} dy_x \quad (4)$$

mientras que la derivada del miembro derecho se puede expresar como:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dy_x} \ln y_x &= \frac{d}{dK} \ln K + \frac{d}{da} x \ln a + \frac{d}{db} d^x \ln b + \frac{d}{dd} d^x \ln b \\ &= \frac{1}{K} dK + \frac{x}{a} da + \frac{d^x}{b} db + \ln b \frac{d}{dd} d^x \end{aligned} \quad (5)$$

el último término de la expresión (5) se puede presentar de acuerdo con el razonamiento siguiente:

De acuerdo a las Leyes de los logaritmos se puede expresar:

$$\ln d^x = x \ln d$$

Al obtener la derivada de la expresión anterior se observa que:

$$\begin{aligned} \frac{d}{d(d)} \ln d^x &= \frac{d}{d(d)} x \ln d \\ \frac{1}{d^x} d(d^x) &= \frac{x}{d} d(d) \end{aligned}$$

Por lo tanto la derivada de dx con respecto a d es:

$$d(d^x) = x d^x \frac{d(d)}{d} \quad (6)$$

Dado lo anterior, la expresión (5) se puede escribir como:

$$\frac{1}{y_x} d y_x = \frac{1}{K} dK + \frac{x}{a} da + \frac{d^x}{b} db + x d^x \ln b \frac{d(d)}{d} \quad (7)$$

en consecuencia, la derivada de dy_x es:

$$d y_x = \frac{y_x}{K} dK + \frac{x y_x}{a} da + \frac{d^x y_x}{b} db + x d^x y_x \ln b \frac{d(d)}{d} \quad (8)$$

Para calcular los valores de los parámetros a partir de la expresión (8) se procede a linealizar dicha expresión, para ello se denota como:

$$\begin{aligned} x_1 &= d y_x & x_2 &= y_x & x_3 &= x(x_2) & x_4 &= x_2 d^x & x_5 &= x_2 d^x \\ c_2 &= \frac{dK}{d} & c_3 &= \frac{da}{a} & c_4 &= \frac{db}{b} & c_5 &= \ln b \frac{d(d)}{d} \end{aligned}$$

Una vez hecho lo anterior, se sustituye en (8) estas variables, por lo que puede expresarse en forma de regresión múltiple lineal, como a continuación se presenta:

$$x_1 = c_2 x_2 + c_3 x_3 + c_4 x_4 + c_5 x_5$$

Se denotan las diferencias entre los valores observados y los valores teóricos como dy_x , de tal forma que sea posible calcular los coeficientes de la regresión, c_2 , c_3 , c_4 y c_5 , a través de las siguientes ecuaciones normales:

$$\sum x_1 x_2 = c_2 \sum x_2 x_2 + c_3 \sum x_2 x_3 + c_4 \sum x_2 x_4 + c_5 \sum x_2 x_5$$

$$\sum x_1 x_3 = c_2 \sum x_2 x_3 + c_3 \sum x_3 x_3 + c_4 \sum x_3 x_4 + c_5 \sum x_3 x_5$$

$$\sum x_1 x_4 = c_2 \sum x_2 x_4 + c_3 \sum x_3 x_4 + c_4 \sum x_4 x_4 + c_5 \sum x_4 x_5$$

$$\sum x_1 x_5 = c_2 \sum x_2 x_5 + c_3 \sum x_3 x_5 + c_4 \sum x_4 x_5 + c_5 \sum x_5 x_5$$

Para resolver este sistema de ecuaciones lineales simultáneas de cuatro incógnitas puede emplearse el método de matrices (Mendenhall, Scheaffer, 1986); donde para encontrar la solución al sistema es necesario conocer la matriz integrada por los coeficientes de la regresión.

Las ecuaciones normales antes presentadas, pueden expresarse en forma matricial de la siguiente manera:

$$A = \begin{pmatrix} \sum x_2 x_2 & \sum x_2 x_3 & \sum x_2 x_4 & \sum x_2 x_5 \\ \sum x_2 x_3 & \sum x_3 x_3 & \sum x_3 x_4 & \sum x_3 x_5 \\ \sum x_2 x_4 & \sum x_3 x_4 & \sum x_4 x_4 & \sum x_4 x_5 \\ \sum x_2 x_5 & \sum x_3 x_5 & \sum x_4 x_5 & \sum x_5 x_5 \end{pmatrix} \quad V = \begin{pmatrix} c_2 \\ c_3 \\ c_4 \\ c_5 \end{pmatrix} \quad G = \begin{pmatrix} \sum x_1 x_2 \\ \sum x_1 x_3 \\ \sum x_1 x_4 \\ \sum x_1 x_5 \end{pmatrix}$$

Para encontrar los coeficientes de la matriz V, se realiza la siguiente operación:

$$V = A^{-1} G$$

Donde A^{-1} es la matriz inversa de A..

De esta manera se calculan los valores de las c_j y por consiguiente las primeras correcciones a los parámetros K, a, b y d de la Función de Makeham. Estas correcciones permiten obtener nuevas aproximaciones para los parámetros. Por lo tanto los nuevos valores para éstos son:

$$K_1 = K(1 + c_2) \quad a_1 = a(1 + c_3) \quad b_1 = b(1 + c_4) \quad d_1 = d(1 + c_5 / \ln b)$$

A partir de estos valores se obtienen nuevos valores teóricos y por lo tanto nuevas diferencias dy_x . Lo anterior, lleva a un proceso iterativo que permitirá ir obteniendo aproximaciones cada vez más satisfactorias. Es decir, el proceso deberá repetirse hasta que la magnitud de las correcciones alcancen un valor reducido tal que no logren cambiar sensiblemente los valores teóricos obtenidos usando los valores de los parámetros hasta esa iteración.

En general, se observa que si K_i , a_i , b_i y d_i son valores de la iteración (i), los valores de esos parámetros a la iteración (i + 1) serán:

$$K_{i+1} = K_i(1 + c_{2i+1}) \quad a_{i+1} = a_i(1 + c_{3i+1}) \quad b_{i+1} = b_i(1 + c_{4i+1}) \quad d_{i+1} = d_i(1 + c_{5i+1} / \ln b)$$

Para determinar la relación de los datos que teóricamente se están obteniendo con el método con respecto a los valores observados, se calculará el Coeficiente de Correlación y el Error Relativo.

2.3 Determinación de los datos

De acuerdo con el objetivo del presente trabajo es necesario determinar las Tasas Demográficas que se servirán para llevar a cabo la descripción de las Tasas Acumuladas por Edad de la Madre y por Orden de nacimiento en 1990 para los Estados Unidos Mexicanos. Para esto es necesario definir y determinar los siguientes conceptos:

- Se considera adecuado determinar la edad de 15 años como la edad a la que las mujeres ingresan a la edad fértil. (MINA Valdés, Alejandro. 1996)
- El intervalo fértil de esta cohorte será el comprendido entre los 15 y los 50 años. (MINA Valdés, Alejandro. 1996)
- Los datos censales se presentan en grupos quinquenales de edad, siendo las edades representativas del intervalo fértil de nuestra población 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 y 50 años; definimos entonces las edades anteriores como x con la siguiente expresión:

$$x = \frac{\text{(Edad de la Madre - Edad de Ingreso a la edad fértil)}}{\text{(La diferencia entre edades sucesivas)}}$$

$$x = \frac{(\text{Edad de la Madre} - 15)}{5}$$

Por lo tanto x tomará los valores de 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

- d) Se utilizará el número de nacidos vivos que han tenido estas mujeres por edad.
 e) Y se considerarán los órdenes de nacido vivo del primero al quinto nacimiento.

Con estos datos se podrán calcular las Tasas Específicas de Fecundidad por edad de la madre y orden de nacido vivo, a partir de la siguiente expresión (MINA Valdés, Alejandro. 1996):

$$f_x = B_{x,i} / P_{f,x}$$

Donde:

- f_x = Tasa Específica de Fecundidad por edad de la madre y orden de nacido vivo.
 $B_{x,i}$ = Total de nacidos vivos por edad (x) de la madre en el orden (i) de nacimiento.
 $P_{f,x}$ = Total de la Población Femenina de edad (x).
 x = Edad de la madre comprendida en el intervalo fértil determinado.
 i = Orden de nacido vivo.

Por último se calcularán las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacido vivo, lo cual nos permitirá observar el comportamiento del fenómeno en el intervalo de fecundidad elegido y en un orden de nacido vivo determinado. Estas tasas se calculan con la siguiente expresión:

$$F_{x,i} = \sum_0^{4m-1} f_{x,i}$$

Donde:

- $F_{x,i}$ = Tasa Acumulada por edad x y orden de nacimiento i .
 $\sum f_{x,i}$ = Tasa Específica de Fecundidad por edad x y orden de nacimiento i .
 x = Edad de la madre comprendida en el intervalo fértil determinado.
 i = Orden de nacido vivo.

Una vez definidos estos conceptos se está en condiciones de aplicar en forma práctica el método antes descrito para encontrar la Función de Makeham que describa el comportamiento de las Tasas Acumuladas por edad de la madre y orden de nacido vivo en 1990 para los Estados Unidos Mexicanos.

3. FUENTE DE DATOS

Con frecuencia es necesario extraer conclusiones válidas respecto a una población, con el propósito de describir ciertos hechos; para ello es importante contar con las estadísticas que proporcionen la información adecuada.

Una fuente de datos que apoya en gran medida esta labor son los Censos Demográficos. Se sabe que el Censo, del Latín *Censere* que significa valorar o tasar (Enciclopedia Temática, 1996), ya constituía en la antigüedad la oportunidad de saber el número de habitantes que integraban las poblaciones así como la valoración de sus bienes; lo que permitía, entre otras cosas, la recaudación de los impuestos además de la determinación del número de varones aptos para el servicio militar.

Hoy en día los Censos Demográficos permiten describir el estado demográfico de la población en un instante dado. Proporciona la imagen en un instante dado de una población en evolución constante bajo la influencia de los fenómenos demográficos como son la mortalidad, la fecundidad, la migración y la nupcialidad, dándonos la población por sexo, edad, etc.

Es así que el Censo General de Población se hace para conocer el número exacto de los habitantes de un país y para obtener muchos otros datos que serán analizados, clasificados y publicados.

La edad, el sexo, la instrucción recibida, el número de hijos nacidos vivos, son sólo algunos de los conceptos que podemos encontrar en un censo de población.

Esta información, valiosa ya por su contenido, permite realizar análisis y evaluaciones posteriores para comprender mejor los problemas de la población, su estructura, su desarrollo de tal forma que puedan darse soluciones o diseñarse planes para un mejor futuro.

Para la realización del presente estudio se utilizó el XI Censo de Población y Vivienda de 1990 de los Estados Unidos Mexicanos para obtener el total de la Población femenina por edad y por número de hijos nacidos vivos según grupos quinquenales de edad de la mujer a nivel nacional. Esta información censal nos permitirá obtener las tasas acumuladas por edad de la madre y orden de nacido vivo para nuestro país.

3.1 Población femenina por edad y por número de hijos nacidos vivos en los Estados Unidos Mexicanos en 1990.

De acuerdo a lo establecido en el apartado 2, los datos que servirán para el cálculo de las tasas acumuladas por edad y orden de nacido vivo a nivel nacional son los siguientes:

Cuadro 1

| ESTADOS UNIDOS MEXICANOS | | | | | | |
|-----------------------------|------------------------------------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Grupos Quinquenales de Edad | Población Femenina de 15 a 50 años | Nacidos vivos según orden de nacimiento | | | | |
| | | 1 Hijo | 2 Hijos | 3 Hijos | 4 Hijos | 5 Hijos |
| 15 - 19 | 507,720 | 378,057 | 104,102 | 17,787 | 5,328 | 2,446 |
| 20 - 24 | 1,917,677 | 865,350 | 631,849 | 283,602 | 103,366 | 33,510 |
| 25 - 29 | 2,362,127 | 559,039 | 767,595 | 565,038 | 311,285 | 159,190 |
| 30 - 34 | 2,052,032 | 273,808 | 554,626 | 583,440 | 391,496 | 248,662 |
| 35 - 39 | 1,524,806 | 155,486 | 337,381 | 428,531 | 345,955 | 257,253 |
| 40 - 44 | 963,390 | 100,792 | 190,391 | 246,586 | 229,286 | 196,335 |
| 45 - 49 | 660,161 | 78,414 | 119,696 | 150,978 | 159,642 | 151,431 |
| 50 - 54 | 471,255 | 65,140 | 84,603 | 99,264 | 110,514 | 111,734 |
| TOTAL | 10,458,968 | 2,476,086 | 2,790,243 | 2,375,226 | 1,656,852 | 1,160,581 |

Como se puede observar el Cuadro 1, contiene información sobre la población total femenina, la cual se encuentra distribuida en grupos quinquenales de edad y se ha considerado únicamente el total de hijos nacidos vivos hasta el orden 5.

3.2 Población femenina por edad y por número de hijos nacidos vivos a nivel regional en los Estados Unidos Mexicanos en 1990.

Para realizar un análisis particular de las Tasas Acumuladas por edad de la madre y por número de hijos nacido vivos para los Estados Unidos Mexicanos en 1990, se ha convenido en definir regiones que agrupen los diferentes Estados de la República Mexicana.

Para realizar esta selección se tomó como referencia la ubicación de los Estados con respecto a las fronteras, costas y centro del país. Como resultado, se obtuvo un total de 7 regiones.

Una vez agrupados se procedió a realizar la suma del número de hijos nacidos vivos por edad de la madre, para obtener el total por región.

3.2.1 Región Norte.

Esta región considera los Estados de la frontera norte de la República Mexicana, los cuales son: Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas.

Los datos para esta región se obtuvieron al acumular los totales de población y número de hijos nacidos vivos de los estados participantes, de acuerdo a los conceptos definidos. Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

Cuadro 2

| REGIÓN NORTE | | | | | | |
|-----------------------------|------------------------------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Grupos Quinquenales de Edad | Población Femenina de 15 a 50 años | Nacidos vivos según orden de nacimiento | | | | |
| | | 1 Hijo | 2 Hijos | 3 Hijos | 4 Hijos | 5 Hijos |
| 15 - 19 | 81,804 | 65,019 | 13,964 | 1,911 | 604 | 308 |
| 20 - 24 | 322,483 | 168,038 | 103,968 | 37,259 | 10,425 | 2,795 |
| 25 - 29 | 419,253 | 111,268 | 150,803 | 98,794 | 42,248 | 16,140 |
| 30 - 34 | 384,073 | 50,114 | 108,198 | 119,357 | 70,607 | 35,797 |
| 35 - 39 | 280,822 | 26,193 | 59,321 | 85,875 | 66,300 | 43,133 |
| 40 - 44 | 182,123 | 17,169 | 32,864 | 49,252 | 46,215 | 36,823 |
| 45 - 49 | 121,388 | 13,550 | 20,388 | 27,968 | 30,989 | 28,495 |
| 50 - 54 | 84,108 | 10,997 | 14,006 | 17,468 | 20,291 | 21,346 |
| TOTAL | 1,876,054 | 462,348 | 503,308 | 437,884 | 287,679 | 184,835 |

3.2.2 Región Pacífico Norte.

La región está integrada con los Estados cuyas costas están en Océano Pacífico al Norte del país y son: Baja California Sur, Sinaloa y Nayarit.

Cuadro 3

| REGIÓN PACÍFICO NORTE | | | | | | |
|-----------------------------|------------------------------------|---|----------------|---------------|---------------|---------------|
| Grupos Quinquenales de Edad | Población Femenina de 15 a 50 años | Nacidos vivos según orden de nacimiento | | | | |
| | | 1 Hijo | 2 Hijos | 3 Hijos | 4 Hijos | 5 Hijos |
| 15 - 19 | 22,163 | 17,304 | 3,936 | 571 | 220 | 132 |
| 20 - 24 | 79,555 | 38,472 | 26,328 | 10,362 | 3,378 | 1,015 |
| 25 - 29 | 98,454 | 22,741 | 32,710 | 24,836 | 12,574 | 5,593 |
| 30 - 34 | 86,561 | 9,174 | 20,428 | 26,436 | 19,226 | 11,287 |
| 35 - 39 | 61,553 | 4,896 | 10,377 | 17,265 | 16,523 | 12,492 |
| 40 - 44 | 36,026 | 3,178 | 5,527 | 8,783 | 9,580 | 8,958 |
| 45 - 49 | 22,448 | 2,476 | 3,478 | 4,754 | 5,763 | 5,975 |
| 50 - 54 | 14,817 | 2,062 | 2,421 | 2,926 | 3,446 | 3,962 |
| TOTAL | 421,575 | 100,303 | 105,205 | 95,933 | 70,710 | 49,424 |

3.2.3 Región Pacífico Sur.

Se han considerado los Estados de la República Mexicana que se encuentran al sur de la misma y que tiene como costa el Océano Pacífico: Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán y Oaxaca.

Cuadro 4

| REGIÓN PACÍFICO SUR | | | | | | |
|-----------------------------|------------------------------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Grupos Quinquenales de Edad | Población Femenina de 15 a 50 años | Nacidos vivos según orden de nacimiento | | | | |
| | | 1 Hijo | 2 Hijos | 3 Hijos | 4 Hijos | 5 Hijos |
| 15 - 19 | 90,144 | 65,310 | 19,606 | 3,528 | 1,166 | 534 |
| 20 - 24 | 326,922 | 135,386 | 108,828 | 54,225 | 21,373 | 7,310 |
| 25 - 29 | 387,442 | 80,660 | 114,506 | 96,165 | 61,459 | 34,652 |
| 30 - 34 | 316,603 | 37,747 | 72,896 | 88,242 | 69,036 | 50,682 |
| 35 - 39 | 229,120 | 21,866 | 42,664 | 60,170 | 56,365 | 48,055 |
| 40 - 44 | 142,355 | 15,004 | 24,934 | 33,648 | 35,174 | 33,595 |
| 45 - 49 | 99,220 | 12,622 | 16,828 | 21,334 | 23,715 | 24,721 |
| 50 - 54 | 72,701 | 10,824 | 12,909 | 14,501 | 18,531 | 17,936 |
| TOTAL | 1,664,507 | 379,419 | 412,971 | 369,813 | 284,819 | 217,485 |

3.2.4 Región Sur.

Tomando como referencia la frontera sur de la República Mexicana, se integró esta región con los siguientes Estados: Chiapas y Quintana Roo.

Cuadro 5

| REGIÓN SUR | | | | | | |
|-----------------------------|------------------------------------|---|----------------|---------------|---------------|---------------|
| Grupos Quinquenales de Edad | Población Femenina de 15 a 50 años | Nacidos vivos según orden de nacimiento | | | | |
| | | 1 Hijo | 2 Hijos | 3 Hijos | 4 Hijos | 5 Hijos |
| 15 - 19 | 36,513 | 24,309 | 9,297 | 2,102 | 555 | 250 |
| 20 - 24 | 104,337 | 35,604 | 33,827 | 21,477 | 9,736 | 3,693 |
| 25 - 29 | 105,330 | 18,212 | 27,213 | 26,304 | 20,250 | 13,351 |
| 30 - 34 | 73,200 | 8,369 | 16,337 | 19,171 | 16,121 | 13,202 |
| 35 - 39 | 53,669 | 5,191 | 10,176 | 13,495 | 13,079 | 11,728 |
| 40 - 44 | 31,854 | 3,314 | 5,707 | 7,491 | 7,842 | 7,500 |
| 45 - 49 | 23,567 | 2,740 | 4,062 | 5,162 | 5,770 | 5,833 |
| 50 - 54 | 17,202 | 2,514 | 3,115 | 3,567 | 3,930 | 4,076 |
| TOTAL | 445,672 | 100,253 | 109,734 | 98,769 | 77,283 | 69,633 |

3.2.5 Región Golfo.

Los Estados que conforman esta región son los que tienen sus costas en el Golfo de México, los cuales son: Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán.

Cuadro 6

| REGIÓN GOLFO | | | | | | |
|-----------------------------|------------------------------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Grupos Quinquenales de Edad | Población Femenina de 15 a 50 años | Nacidos vivos según orden de nacimiento | | | | |
| | | 1 Hijo | 2 Hijos | 3 Hijos | 4 Hijos | 5 Hijos |
| 15 - 19 | 71,915 | 51,249 | 16,246 | 3,234 | 867 | 319 |
| 20 - 24 | 240,450 | 99,304 | 78,615 | 40,226 | 16,535 | 5,770 |
| 25 - 29 | 278,277 | 62,847 | 85,612 | 67,254 | 40,468 | 22,296 |
| 30 - 34 | 233,654 | 31,935 | 63,457 | 64,914 | 43,842 | 29,406 |
| 35 - 39 | 182,233 | 19,121 | 41,669 | 50,637 | 39,925 | 30,881 |
| 40 - 44 | 116,336 | 12,744 | 24,164 | 29,546 | 26,735 | 23,147 |
| 45 - 49 | 83,390 | 9,928 | 15,801 | 19,093 | 19,913 | 18,655 |
| 50 - 54 | 63,355 | 8,771 | 11,748 | 13,704 | 14,837 | 14,295 |
| TOTAL | 1,269,510 | 295,699 | 337,312 | 288,608 | 203,122 | 144,769 |

3.2.6 Región Centro Periférico.

Se le llamó Región Centro Periférico a la región integrada por los Estados que no tienen costa y que rodean a la zona central de la República Mexicana, como es el caso de: Aguascalientes, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí, Tlaxcala y Zacatecas.

Cuadro 7

| REGIÓN CENTRO PERIFÉRICO | | | | | | |
|-----------------------------|------------------------------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Grupos Quinquenales de Edad | Población Femenina de 15 a 50 años | Nacidos vivos según orden de nacimiento | | | | |
| | | 1 Hijo | 2 Hijos | 3 Hijos | 4 Hijos | 5 Hijos |
| 15 - 19 | 74,105 | 54,822 | 15,582 | 2,611 | 749 | 341 |
| 20 - 24 | 296,945 | 126,231 | 98,952 | 47,527 | 18,246 | 5,989 |
| 25 - 29 | 351,846 | 72,325 | 105,675 | 87,518 | 55,311 | 31,017 |
| 30 - 34 | 279,187 | 31,932 | 65,116 | 76,330 | 60,723 | 45,086 |
| 35 - 39 | 188,625 | 17,643 | 35,379 | 49,428 | 46,408 | 39,767 |
| 40 - 44 | 109,978 | 11,125 | 18,930 | 25,919 | 27,292 | 26,412 |
| 45 - 49 | 74,166 | 8,662 | 12,288 | 15,697 | 18,121 | 19,198 |
| 50 - 54 | 62,953 | 7,571 | 9,031 | 10,292 | 12,440 | 13,619 |
| TOTAL | 1,427,505 | 330,511 | 360,953 | 315,322 | 239,290 | 181,429 |

3.2.7 Región Centro.

Para integrar esta región se consideró al Distrito Federal y a los Estados que colindan con éste, es decir Puebla, Morelos y Estado de México.

Cuadro 8

| REGIÓN CENTRO | | | | | | |
|-----------------------------|------------------------------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Grupos Quinquenales de Edad | Población Femenina de 15 a 50 años | Nacidos vivos según orden de nacimiento | | | | |
| | | 1 Hijo | 2 Hijos | 3 Hijos | 4 Hijos | 5 Hijos |
| 15 - 19 | 131,076 | 100,044 | 25,471 | 3,830 | 1,167 | 564 |
| 20 - 24 | 546,985 | 262,315 | 181,533 | 72,526 | 23,673 | 6,938 |
| 25 - 29 | 721,525 | 191,188 | 251,076 | 164,167 | 78,955 | 36,141 |
| 30 - 34 | 678,854 | 104,537 | 208,194 | 190,990 | 111,941 | 63,192 |
| 35 - 39 | 528,584 | 60,576 | 137,795 | 151,661 | 107,355 | 71,197 |
| 40 - 44 | 345,018 | 38,258 | 78,465 | 91,947 | 76,448 | 59,900 |
| 45 - 49 | 235,984 | 28,237 | 46,853 | 56,970 | 55,370 | 48,554 |
| 50 - 54 | 166,119 | 22,401 | 31,373 | 36,806 | 39,039 | 36,500 |
| TOTAL | 3,354,145 | 807,554 | 960,760 | 768,897 | 493,948 | 322,986 |

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Para los Estados Unidos Mexicanos

A continuación se presentan los cálculos realizados para obtener las Tasas Específicas de Fecundidad, así como las Tasas Acumuladas por edad de la madre y orden de nacimiento.

Las Tasas Específicas de Fecundidad por edad y orden de nacimiento se calcularon a partir de la expresión definida en el punto 2.3. inciso a) del apartado 2. Presentación de la Metodología. Con lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 9

| x | Tasas Específicas de Fecundidad por edad y orden de nacimiento | | | | |
|---|--|---------|---------|---------|---------|
| | 1 Hijo | 2 Hijos | 3 Hijos | 4 Hijos | 5 Hijos |
| 0 | 74.462% | 20.504% | 3.503% | 1.049% | 0.482% |
| 1 | 45.125% | 32.949% | 14.789% | 5.390% | 1.747% |
| 2 | 23.667% | 32.496% | 23.921% | 13.177% | 6.739% |
| 3 | 13.343% | 27.028% | 28.432% | 19.078% | 12.118% |
| 4 | 10.198% | 22.129% | 28.108% | 22.691% | 16.873% |
| 5 | 10.462% | 19.763% | 25.596% | 23.800% | 20.380% |
| 6 | 11.878% | 18.131% | 22.870% | 24.182% | 22.938% |
| 7 | 13.823% | 17.953% | 21.064% | 23.451% | 23.710% |

El cálculo de las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento requirió de la aplicación de la expresión definida en el apartado 2. 3 inciso b), así como de las tasas del Cuadro 9. Realizando los cálculos se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 10

| Edad | Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento | | | | |
|------|---|----------|----------|----------|----------|
| | 1 Hijo | 2 Hijos | 3 Hijos | 4 Hijos | 5 Hijos |
| 0 | 74.462% | 20.504% | 3.503% | 1.049% | 0.482% |
| 1 | 119.587% | 53.452% | 18.292% | 6.440% | 2.229% |
| 2 | 143.253% | 85.948% | 42.213% | 19.617% | 8.968% |
| 3 | 156.597% | 112.977% | 70.645% | 38.695% | 21.086% |
| 4 | 166.795% | 135.106% | 98.753% | 61.387% | 37.960% |
| 5 | 177.257% | 154.868% | 124.348% | 85.187% | 58.339% |
| 6 | 189.135% | 173.000% | 147.218% | 109.369% | 81.278% |
| 7 | 202.958% | 190.952% | 168.262% | 132.820% | 104.988% |

Una vez calculados los datos anteriores se procedió a determinar los parámetros de la Función de Makeham que describirá la tendencia de las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento para los Estados Unidos Mexicanos.

4.1.1 Cálculo de las Funciones de Makeham para las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento.

De acuerdo al objetivo de encontrar la Función de Makeham que describa el comportamiento de las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimientos para los Estados Unidos Mexicanos en 1990, fue necesario realizar los cálculos, en primer término, para las Tasas Acumuladas por edad de la madre correspondientes al orden de nacimiento de un hijo.

La expresión de la Función de Makeham tiene siguiente forma:

$$F(x) = Ka^x b^d$$

y para estimar los parámetros K, a, b y d se utiliza el Método de los Grupos no Superpuestos, el cual se describe en el punto 2.2 del apartado 2. Presentación de la Metodología.

- a) Se dividen los datos en 4 grupos, y dado que el número de datos con los que contamos son 8 cada grupo contará con 2 valores, por lo tanto el valor de m es igual a 2, cumpliendo así la condición de que cada grupo debe tener el mismo número de valores observados.

Cuadro 11

| Grupo | Edad x | y _x |
|-------|--------|----------------|
| 1 | 0 | 74.462% |
| | 1 | 119.587% |
| 2 | 2 | 143.253% |
| | 3 | 156.597% |
| 3 | 4 | 166.795% |
| | 5 | 177.257% |
| 4 | 6 | 189.135% |
| | 7 | 202.958% |

- b) Se calcula el logaritmo decimal de las y_x's:

Cuadro 12

| Grupo | Edad x | y _x | log y _x |
|-------|--------|----------------|--------------------|
| 1 | 0 | 74.462% | 1.87193 |
| | 1 | 119.587% | 2.07768 |
| 2 | 2 | 143.253% | 2.15610 |
| | 3 | 156.597% | 2.19478 |
| 3 | 4 | 166.795% | 2.22218 |
| | 5 | 177.257% | 2.24860 |
| 4 | 6 | 189.135% | 2.27677 |
| | 7 | 202.958% | 2.30741 |

- c) Se obtienen las sumas de los logaritmos de cada uno de estos grupos y denotando dichas sumas como S_0 , S_1 , S_2 y S_3 respectivamente.

Cuadro 13

| Grupo | Edad x | y_x | $\log y_x$ | S |
|-------|-----------|----------|------------|---------|
| 1 | 0 | 74.462% | 1.87193 | 3.94962 |
| | 1 | 119.587% | 2.07768 | |
| 2 | 2 | 143.253% | 2.15610 | 4.35089 |
| | 3 | 156.597% | 2.19478 | |
| 3 | 4 | 166.795% | 2.22218 | 4.47079 |
| | 5 | 177.257% | 2.24860 | |
| 4 | 6 | 189.135% | 2.27677 | 4.58418 |
| | 7 | 202.958% | 2.30741 | |

Donde: $S_0 = 3.94962$, $S_1 = 4.35089$, $S_2 = 4.47079$ y $S_3 = 4.58418$

- d) Se calculan las primeras diferencias de la sumas S_0 , S_1 , S_2 y S_3 y se denotan con ΔS_0 , ΔS_1 y ΔS_2 :

$$\Delta S_0 = S_1 - S_0$$

$$= 4.35089 - 3.94962$$

$$= 0.40127$$

$$\Delta S_1 = S_2 - S_1$$

$$= 4.47079 - 4.35089$$

$$= 0.11990$$

$$\Delta S_3 = S_3 - S_2$$

$$= 4.58418 - 4.47079$$

$$= 0.11339$$

Con estos datos la tabla se integra de la siguiente manera:

Cuadro 14

| Grupo | Edad x | y_x | $\log y_x$ | S | ΔS |
|-------|-----------|----------|------------|---------|------------|
| 1 | 0 | 74.462% | 1.87193 | 3.94962 | |
| | 1 | 119.587% | 2.07768 | | |
| 2 | 2 | 143.253% | 2.15610 | 4.35089 | 0.40127 |
| | 3 | 156.597% | 2.19478 | | |
| 3 | 4 | 166.795% | 2.22218 | 4.47079 | 0.11990 |
| | 5 | 177.257% | 2.24860 | | |
| 4 | 6 | 189.135% | 2.27677 | 4.58418 | 0.11339 |
| | 7 | 202.958% | 2.30741 | | |

- e) Ahora calculamos las segundas diferencias, las cuales denotaremos como Δ^2S_0 y Δ^2S_1 .

$$\begin{aligned}\Delta^2S_0 &= \Delta S_1 - \Delta S_0 & \Delta^2S_1 &= \Delta S_2 - \Delta S_1 \\ &= 0.11990 - 0.40127 & &= 0.11339 - 0.11990 \\ &= -0.28137 & &= -0.00651\end{aligned}$$

Finalmente se completa la tabla como continuación se presenta:

Cuadro 15

| Grupo | Edad x | y_x | $\log y_x$ | S | ΔS | $\Delta^2 S$ |
|-------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------------|
| 1 | 0 | 74.462% | 1.87193 | | | |
| | 1 | 119.587% | 2.07768 | 3.94962 | | |
| 2 | 2 | 143.253% | 2.15610 | | | |
| | 3 | 156.597% | 2.19478 | 4.35089 | 0.40127 | |
| 3 | 4 | 166.795% | 2.22218 | | | |
| | 5 | 177.257% | 2.24860 | 4.47079 | 0.11990 | -0.28137 |
| 4 | 6 | 189.135% | 2.27677 | | | |
| | 7 | 202.958% | 2.30741 | 4.58418 | 0.11339 | -0.00651 |

- f) Una vez obtenidos los resultados anteriores y con la expresión (69) del Apartado 2.2 se estima el parámetro d:

$$d = (\Delta^2S_1 / \Delta^2S_0)^{1/m} \quad (69)$$

Se sustituye:

$$\begin{aligned}d &= (-0.00651 / -0.28137)^{1/2} \\ d &= (0.02313)^{1/2} \\ d &= 0.15209\end{aligned}$$

- g) Con la expresión (72) del Apartado 2.2 se calcula el parámetro b:

$$b = \text{Antilog} \left[\frac{d-1}{(d^m-1)^3} \Delta^2S_0 \right] \quad (72)$$

Se sustituye para obtener:

$$\begin{aligned}b &= \text{Antilog} \left[\frac{(0.15209 - 1)}{(0.02313 - 1)^3} (-0.28137) \right] \\ b &= \text{Antilog} \left[\frac{-0.79187}{-0.93220} (-0.28137) \right] \\ b &= \text{Antilog} [0.90958 (-0.28137)] \\ b &= \text{Antilog} [-0.25593] \\ b &= -0.55471\end{aligned}$$

- h) El parámetro a se estima a partir de la expresión (76) del Apartado 2.2 :

$$a = \text{Antilog} \left[\frac{1}{m^2} \left(\Delta S_0 - \frac{\Delta^2 S_0}{d^m - 1} \right) \right] \quad (76)$$

Con los valores antes obtenidos se hace la sustitución en la expresión anterior para obtener:

$$a = \text{Antilog} \left[\frac{1}{2^2} \left(0.40127 - \frac{-0.28137}{0.02313 - 1} \right) \right]$$

$$a = \text{Antilog} \left[\frac{1}{4} (0.40127 - 0.28803) \right]$$

$$a = \text{Antilog} (0.02831)$$

$$a = 1.06736$$

- i) La estimación del parámetro K se realizó a través de la expresión (86) del Apartado 2.2 :

$$K = \frac{\sum_0^{4m-1} y_x V_x}{\sum_0^{4m-1} V_x} \quad (86)$$

para lo cual se necesita calcular los valores de las V_x , que se obtienen a partir de la siguiente expresión:

$$V_x = a^x b^x \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, \dots, 7$$

y dado que ya conocemos los valores de a , b y d procedemos a calcular los valores para V_x :

Cuadro 16

| x | a^x | d^x | b^{d^x} | $V_x = a^x b^{d^x}$ | V_x^2 | y_x | $y_x V_x$ |
|-----|---------|---------|-----------|---------------------|-----------------|---------|--------------------|
| 0 | 1.00000 | 1.00000 | 0.55471 | 0.55471 | 0.30771 | 74.462 | 41.30502 |
| 1 | 1.06736 | 0.15209 | 0.91427 | 0.97585 | 0.95229 | 119.587 | 118.69897 |
| 2 | 1.13925 | 0.02313 | 0.98646 | 1.12382 | 1.26298 | 143.253 | 160.99165 |
| 3 | 1.21598 | 0.00352 | 0.99793 | 1.21347 | 1.47250 | 156.597 | 190.02467 |
| 4 | 1.29789 | 0.00054 | 0.99968 | 1.29748 | 1.68345 | 166.795 | 216.41311 |
| 5 | 1.38531 | 0.00008 | 0.99995 | 1.38524 | 1.91890 | 177.257 | 245.54432 |
| 6 | 1.47862 | 0.00001 | 0.99999 | 1.47861 | 2.18628 | 189.135 | 279.65678 |
| 7 | 1.57821 | 0.00000 | 1.00000 | 1.57821 | 2.49075 | 202.958 | 320.31026 |
| | | | | | 12.27485 | | 1,570.94478 |

Por lo tanto:

$$\begin{aligned}\sum_0^{46-1} y_x V_x &= 1,570.94478 \\ \sum_0^{46-1} V_x &= 12.27485 \\ K &= (1,570.94478 / 12.27485) \\ K &= 127.98077\end{aligned}$$

- J) Una vez estimados los parámetros es posible construir la Función de Makeham y calcular las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento igual a un hijo en forma teórica:

Sea entonces:

$$\begin{aligned}y_x &\approx Ka^x b^{d^x} && \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7 \\ y_x &= 127.98077(1.06736)^x (0.55471)^{0.15209^x} && \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7\end{aligned}$$

Se calcula a partir de esta función los valores estimados para las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento igual a un hijo para los Estados Unidos Mexicanos en 1990:

Cuadro 17

| x | Tasas Observadas | y _x Estimadas |
|---|------------------|--------------------------|
| 0 | 74.462 | 70.993 |
| 1 | 119.587 | 124.890 |
| 2 | 143.253 | 143.828 |
| 3 | 156.597 | 155.300 |
| 4 | 166.795 | 166.052 |
| 5 | 177.257 | 177.284 |
| 6 | 189.135 | 189.233 |
| 7 | 202.958 | 201.980 |

Para determinar las Funciones de Makeham que describan el comportamiento de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento correspondientes a 2, 3, 4 y 5 hijos, se utilizó el método ya descrito. A continuación se presentan únicamente los resultados obtenidos, mientras que los cuadros con los cálculos realizados se pueden observar en el Anexo.

- a) Orden de Nacimiento igual a dos hijos nacidos vivos.

La Función de Makeham que describe el comportamiento de las Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de nacimiento igual a 2 hijos nacidos vivos es:

$$y_x = 101.05214(1.09662)^x + (0.20560)^{0.44803x} \quad \text{para } x=0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Con esta función los valores estimados para estas tasas son:

Cuadro 18

| x | Tasas Observadas | y _x Estimadas |
|---|------------------|--------------------------|
| 0 | 20.504 | 20.776 |
| 1 | 53.452 | 52.771 |
| 2 | 85.94 | 85.810 |
| 3 | 112.977 | 113.199 |
| 4 | 135.106 | 135.375 |
| 5 | 154.868 | 154.615 |
| 6 | 173.000 | 172.818 |
| 7 | 190.852 | 191.220 |

- b) Orden de Nacimiento igual a tres hijos nacidos vivos.

Para este orden se encontró que la Función de Makeham que describe el comportamiento de las Tasas Acumuladas por Edad es:

$$y_x = 86.79389(1.10639)^x + (0.04259)^{0.64242x} \quad \text{para } x=0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Con esta función se calculan los valores estimados para estas tasas:

Cuadro 19

| x | Tasas Observadas | y _x Estimadas |
|---|------------------|--------------------------|
| 0 | 3.503 | 3.697 |
| 1 | 18.292 | 17.334 |
| 2 | 42.213 | 41.978 |
| 3 | 70.645 | 71.034 |
| 4 | 98.753 | 98.963 |
| 5 | 124.348 | 124.072 |
| 6 | 147.218 | 148.905 |
| 7 | 168.282 | 168.624 |

- c) Orden de Nacimiento igual a cuatro hijos nacidos vivos.

La Función de Makeham encontrada que describe el comportamiento de las Tasas Acumuladas por Edad para este orden es la siguiente:

$$y_x = 51.85171(1.15710)^x (0.02013)^{e^{-0.07940x}} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Por lo tanto, los valores estimados por esta función:

Cuadro 20

| x | Tasas | y _x |
|---|------------|----------------|
| | Observadas | |
| 0 | 1.049 | 1.044 |
| 1 | 6.440 | 6.466 |
| 2 | 19.617 | 19.482 |
| 3 | 38.695 | 38.912 |
| 4 | 61.387 | 61.473 |
| 5 | 85.187 | 84.956 |
| 6 | 109.369 | 108.783 |
| 7 | 132.820 | 133.361 |

- d) Orden de Nacimiento igual a cinco hijos nacidos vivos.

La Función de Makeham que describe el comportamiento de las Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de nacimiento igual a 5 hijos nacidos vivos es la siguiente:

$$y_x = 47.34658(1.15495)^x (0.008667)^{e^{-0.84638x}} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Con esta función se obtuvieron las siguientes estimaciones:

Cuadro 21

| x | Tasas | y _x |
|---|------------|----------------|
| | Observadas | |
| 0 | 0.482 | 0.410 |
| 1 | 2.229 | 2.614 |
| 2 | 8.968 | 9.011 |
| 3 | 21.086 | 20.982 |
| 4 | 37.960 | 37.909 |
| 5 | 58.339 | 58.347 |
| 6 | 81.278 | 80.993 |
| 7 | 104.988 | 105.232 |

Una vez calculadas las Tasas Acumuladas por edad de la madre y orden de nacimiento a través de la Función de Makeham, se propone mejorar estas estimaciones con el Método de Corrección de los parámetros K, a, b y d.

4.1.2 Cálculo de las correcciones de los valores de los parámetros K, a, b y d de las Funciones de Makeham para las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento.

De acuerdo a lo definido en el punto 2.2 Método de corrección de los valores estimados, se realizaron los cálculos necesarios para encontrar la mejor aproximación a los valores observados. Una vez realizado el proceso iterativo se obtuvo el valor final para los parámetros K, a, b y d, calculándose nuevamente en forma teórica las Tasas Acumuladas por edad de la madre y orden de nacido vivo.

A partir de estas nuevas aproximaciones se calculó el Coeficiente de Correlación y el Error Relativo para confirmar que las nuevas Funciones de Makeham estiman con eficiencia las tasas observadas.

Los resultados fueron los siguientes:

- a) Orden de Nacimiento igual a un hijo.

Cuadro 23

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimación |
|---|------------------|---------------------------------|---------------------------|
| 0 | 74.4617 | 70.9928 | 74.3329 |
| 1 | 119.5866 | 124.8904 | 120.1811 |
| 2 | 143.2534 | 143.8279 | 142.4660 |
| 3 | 156.5966 | 155.3003 | 155.9039 |
| 4 | 166.7951 | 166.0523 | 167.1299 |
| 5 | 177.2573 | 177.2844 | 178.2156 |
| 6 | 189.1353 | 189.2332 | 189.7767 |
| 7 | 202.9580 | 201.9805 | 202.0166 |

| | | |
|-------------------------------|-----------|-----------|
| d = | 0.15209 | 0.25823 |
| b = | 0.55471 | 0.56934 |
| a = | 1.06736 | 1.06434 |
| K = | 127.98077 | 130.56678 |
| Coefficiente de Correlación = | 0.998193 | 0.999841 |
| Error Relativo Promedio = | -0.039% | -0.002% |

Por lo tanto la Función de Makeham que describe los valores observados, con un coeficiente de correlación con mayor aproximación a 1 y un menor error relativo es:

$$y_x = 130.56678(1.06434)^x (0.56934)^{0.25823x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

- b) Orden de Nacimiento igual a dos hijos.

Cuadro 24

| x | Tasa Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimación |
|---|--------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| 0 | 20.504 | 20.778 | 20.823 |
| 1 | 53.452 | 52.771 | 52.991 |
| 2 | 85.948 | 85.810 | 86.021 |
| 3 | 112.977 | 113.199 | 113.277 |
| 4 | 135.106 | 135.375 | 135.328 |
| 5 | 154.868 | 154.615 | 154.510 |
| 6 | 173.000 | 172.818 | 172.729 |
| 7 | 190.952 | 191.220 | 191.211 |

$$d = 0.46903 \quad 0.46539$$

$$b = 0.20560 \quad 0.20742$$

$$a = 1.09663 \quad 1.09757$$

$$K = 101.05214 \quad 100.39073$$

$$\text{Coeficiente de Correlación} = 0.999983 \quad 0.999985$$

$$\text{Error Relativo Promedio} = -0.024\% \quad 0.009\%$$

La Función de Makeham que describe estas nuevas aproximaciones a los valores observados es:

$$y_x = 100.39073(1.09757)^x(0.20742)^{0.46539x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

- c) Orden de Nacimiento igual a tres hijos.

Cuadro 25

| x | Tasa Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimación |
|---|--------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| 0 | 3.503 | 3.697 | 4.192 |
| 1 | 18.292 | 17.334 | 17.887 |
| 2 | 42.213 | 41.978 | 42.080 |
| 3 | 70.645 | 71.034 | 70.861 |
| 4 | 98.753 | 98.983 | 98.901 |
| 5 | 124.348 | 124.072 | 124.222 |
| 6 | 147.218 | 148.905 | 147.058 |
| 7 | 168.282 | 168.624 | 168.394 |

$$d = 0.54242 \quad 0.56158$$

$$b = 0.04259 \quad 0.04517$$

$$a = 1.10639 \quad 1.09735$$

$$K = 86.79388 \quad 92.81219$$

$$\text{Coeficiente de Correlación} = 0.999974 \quad 0.999986$$

$$\text{Error Relativo Promedio} = -0.096\% \quad 0.050\%$$

Para este caso, orden de nacimiento igual a tres hijos nacidos vivos, la Función de Makeham es:

$$y_x = 92.81219(1.09345)^x(0.04517)^{0.58154x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

d) Orden de Nacimiento igual a cuatro hijos.

Cuadro 26

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimadas |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0 | 1.049 | 1.044 | 1.194 |
| 1 | 6.440 | 6.466 | 6.621 |
| 2 | 19.617 | 19.482 | 19.372 |
| 3 | 38.695 | 38.912 | 38.687 |
| 4 | 61.387 | 61.473 | 61.503 |
| 5 | 85.187 | 84.656 | 85.322 |
| 6 | 109.369 | 108.783 | 109.113 |
| 7 | 132.820 | 133.361 | 132.918 |

$$d = 0.57040 \quad 0.59730$$

$$b = 0.02013 \quad 0.01940$$

$$a = 1.15710 \quad 1.13343$$

$$K = 51.85171 \quad 61.55450$$

$$\text{Coeficiente de Correlación} = 0.999977 \quad 0.999993$$

$$\text{Error Relativo Promedio} = -0.019\% \quad 0.036\%$$

Las nuevas observaciones se obtuvieron a partir de la siguiente Función de Makeham:

$$y_x = 61.55450(1.13343)^x(0.01940)^{0.59730x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

e) Orden de Nacimiento igual a cinco hijos.

Cuadro 27

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimación |
|---|------------------|---------------------------------|---------------------------|
| 0 | 0.482 | 0.410 | 0.389 |
| 1 | 2.229 | 2.614 | 2.502 |
| 2 | 8.968 | 9.011 | 8.885 |
| 3 | 21.086 | 20.962 | 20.939 |
| 4 | 37.960 | 37.909 | 38.026 |
| 5 | 58.339 | 58.347 | 58.522 |
| 6 | 81.278 | 80.993 | 81.072 |
| 7 | 104.988 | 105.232 | 105.051 |

| | | | |
|-------------------------------|-----|----------|----------|
| | d = | 0.64038 | 0.63535 |
| | b = | 0.00867 | 0.00779 |
| | a = | 1.15495 | 1.15336 |
| | K = | 47.34659 | 47.39843 |
| Coefficiente de Correlación = | | 0.999985 | 0.999991 |
| Error Relativo Promedio = | | 0.047% | 0.012% |

Finalmente, la Función de Makeham que describe las tasas acumuladas para este orden es:

$$y_x = 47.39843(1.15336)^x(0.00779)^{0.999991^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En resumen, la estimación de las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacido para los Estados Unidos Mexicanos en 1990 se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro 29

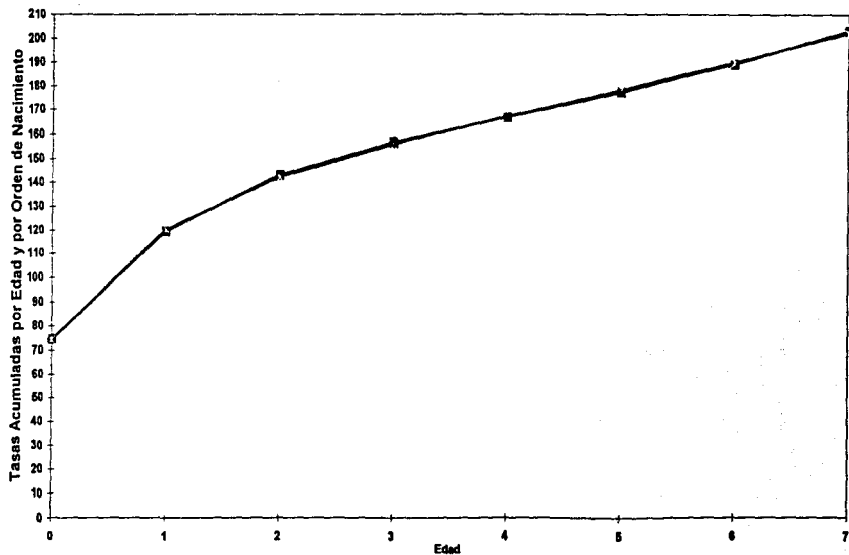
| Tasas Acumuladas por edad y orden de nacido | | | | | | | | | | |
|---|----------|----------------|-----------|----------------|------------|----------------|--------------|----------------|-------------|----------------|
| x | Un hijo | | Dos hijos | | Tres hijos | | Cuatro hijos | | Cinco hijos | |
| | Obs. | y _x | Obs. | y _x | Obs. | y _x | Obs. | y _x | Obs. | y _x |
| 0 | 74.4617 | 74.3329 | 20.504 | 20.823 | 3.503 | 4.192 | 1.049 | 1.194 | 0.482 | 0.369 |
| 1 | 119.5866 | 120.1811 | 53.452 | 52.991 | 18.292 | 17.887 | 6.440 | 6.621 | 2.229 | 2.502 |
| 2 | 143.2534 | 142.4660 | 85.948 | 86.021 | 42.213 | 42.080 | 19.617 | 19.372 | 8.968 | 8.885 |
| 3 | 156.5966 | 155.9039 | 112.977 | 113.277 | 70.645 | 70.861 | 38.695 | 38.687 | 21.086 | 20.939 |
| 4 | 168.7951 | 167.1299 | 135.106 | 135.328 | 98.753 | 98.901 | 61.387 | 61.503 | 37.960 | 38.026 |
| 5 | 177.2573 | 178.2156 | 154.868 | 154.510 | 124.348 | 124.222 | 85.187 | 85.322 | 58.339 | 58.522 |
| 6 | 189.1353 | 189.7767 | 173.000 | 172.729 | 147.218 | 147.056 | 109.389 | 109.113 | 81.278 | 81.072 |
| 7 | 202.9580 | 202.0166 | 190.952 | 191.211 | 168.282 | 168.394 | 132.820 | 132.918 | 104.988 | 105.051 |

Puede notarse que la Ley de Makeham reproduce satisfactoriamente los valores observados; ya que de acuerdo a los resultados obtenidos las diferencias más notables se encuentran en las x igual a 0 y a 1 donde la diferencia de acumulación entre una tasa y otra es más significativa.

A continuación se presentan las gráficas para cada caso, donde es posible observar como la Función de Makeham describe en forma excelente el comportamiento de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento.

Gráfica No. 1

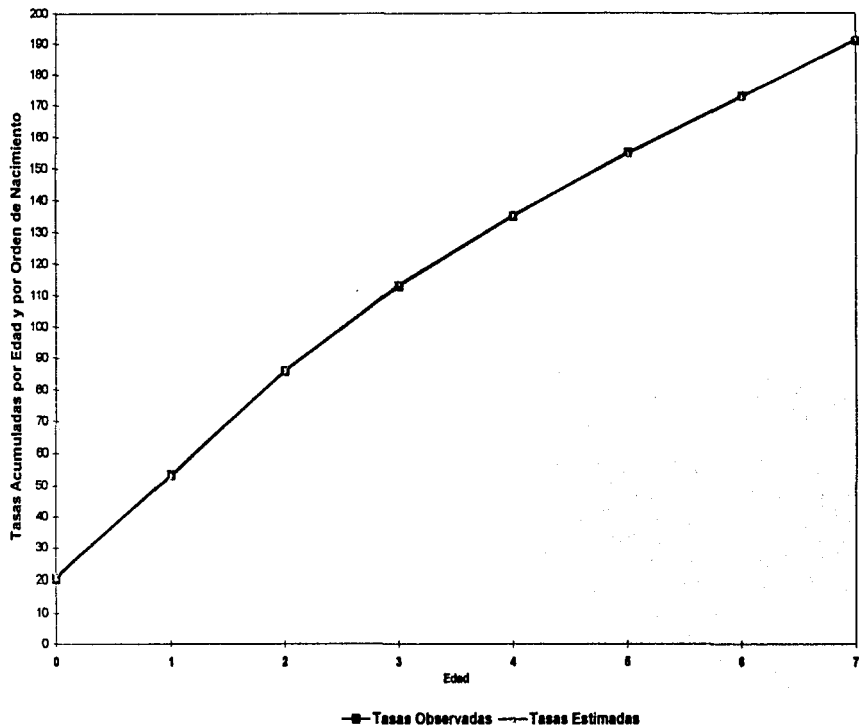
Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento Igual a un hijo nacido vivo para los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



■—Tasas Observadas —+—Tasas Estimadas

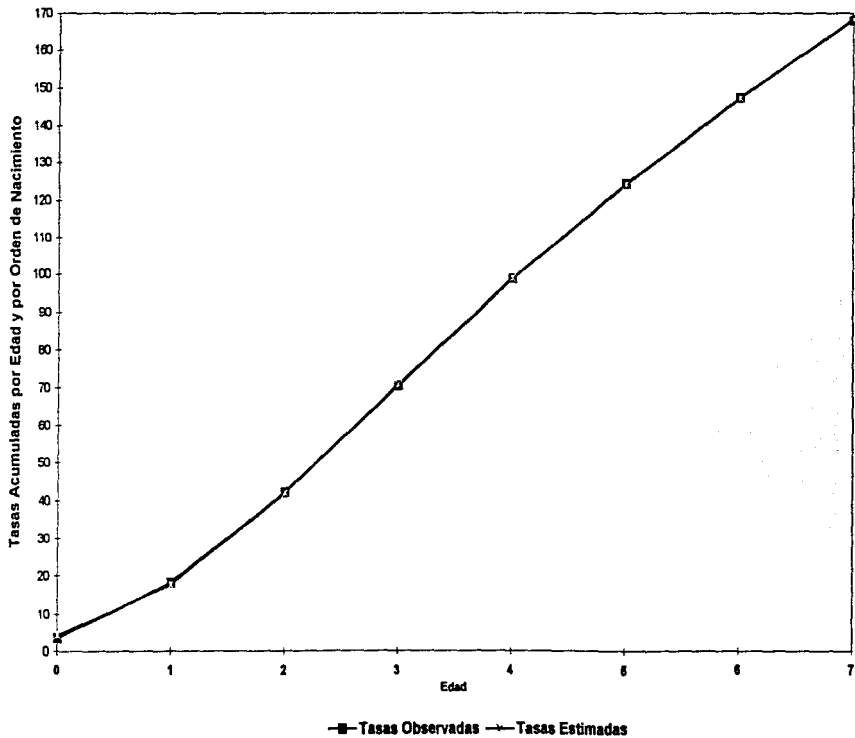
Gráfico No. 2

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento Igual a dos hijos nacidos vivos para los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



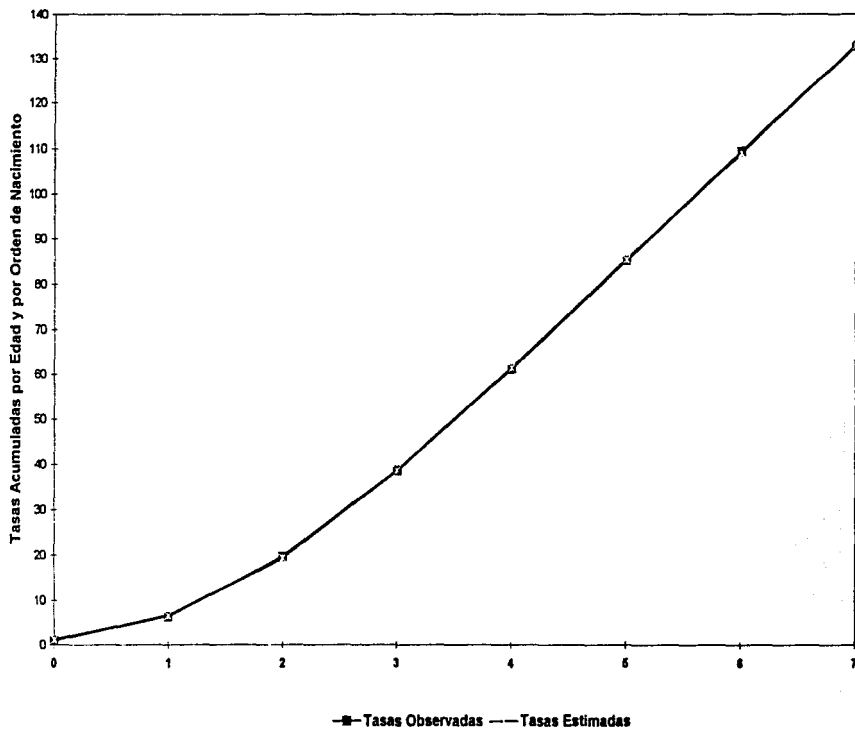
Gráfica No. 3

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a tres hijos nacidos vivos para los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



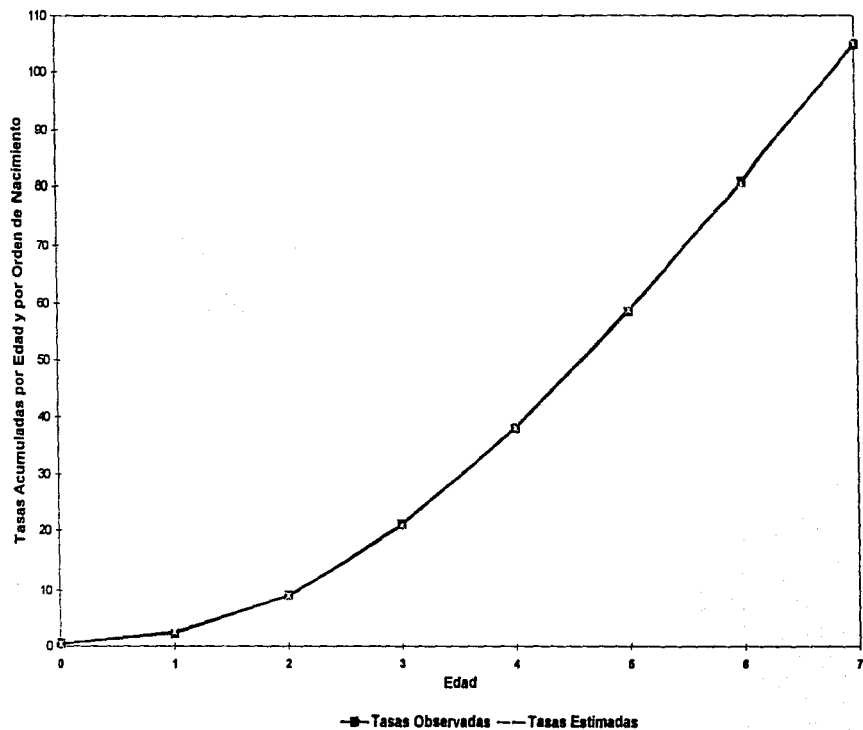
Gráfica No. 4

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a cuatro hijos nacidos vivos para los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



Gráfica No. 5

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a cinco hijos nacidos vivos para los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



4.2 Para las Regiones Norte, Pacífico Norte, Pacífico Sur, Sur, Golfo, Centro Periférico y Centro de los Estados Unidos Mexicanos.

Se presentan, en las siguientes líneas, los resultados obtenidos para las siete regiones definidas en el punto 3.2 Población femenina por edad y por número de hijos nacidos vivos a nivel regional del apartado 3. Fuente de datos.

La metodología para obtener dichos resultados fue la misma que se aplicó para los Estados Unidos Mexicanos; por lo que para cada región se presenta la Función de Makeham que reproduce los datos correspondientes a la primera estimación, así como los valores obtenidos. También se presentan los valores obtenidos una vez aplicado el método de corrección de parámetros y por último los datos observados y estimados se muestran gráficamente.

4.2.1 Región Norte

Los resultados de los cálculos de las Tasas Específicas de Fecundidad por edad y orden de nacimiento y las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento para la Región Norte que comprende los estados de Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas se muestran en los cuadros 30 y 31.

Cuadro 30

| x | Tasas Específicas de Fecundidad por edad y orden de nacimiento | | | | |
|---|--|---------|---------|---------|---------|
| | 1 Hijo | 2 Hijos | 3 Hijos | 4 Hijos | 5 Hijos |
| 0 | 79.481% | 17.070% | 2.336% | 0.738% | 0.374% |
| 1 | 52.108% | 32.239% | 11.554% | 3.233% | 0.867% |
| 2 | 26.540% | 35.969% | 23.564% | 10.077% | 3.850% |
| 3 | 13.048% | 28.171% | 31.077% | 18.384% | 9.320% |
| 4 | 9.327% | 21.124% | 30.580% | 23.609% | 15.360% |
| 5 | 9.427% | 17.935% | 27.043% | 25.376% | 20.219% |
| 6 | 11.163% | 16.794% | 23.040% | 25.529% | 23.474% |
| 7 | 13.075% | 16.652% | 20.769% | 24.125% | 25.379% |

Cuadro 31

| Edad | Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento | | | | |
|------|---|----------|----------|----------|---------|
| | 1 Hijo | 2 Hijos | 3 Hijos | 4 Hijos | 5 Hijos |
| 0 | 79.481% | 17.070% | 2.336% | 0.738% | 0.374% |
| 1 | 131.589% | 49.309% | 13.890% | 3.971% | 1.241% |
| 2 | 158.129% | 85.279% | 37.454% | 14.048% | 5.090% |
| 3 | 171.177% | 113.450% | 68.531% | 32.432% | 14.411% |
| 4 | 180.504% | 134.574% | 99.111% | 56.041% | 29.770% |
| 5 | 189.931% | 152.509% | 126.154% | 81.417% | 49.989% |
| 6 | 201.094% | 169.303% | 149.194% | 106.946% | 73.463% |
| 7 | 214.168% | 185.956% | 169.963% | 131.071% | 98.843% |

Con estos datos se determinó los parámetros de la Función de Makeham que describirá la tendencia de las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento para esta región.

Funciones de Makeham para las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento.

- Orden de Nacimiento igual a un hijo nacido vivo.

La Función de Makeham que reproduce el comportamiento de las Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de nacimiento igual a un hijo nacido vivo es:

$$y_x = 142.69648(1.05866)^x (0.51657)^{0.10705^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Mientras que la Función de Makeham que se obtiene después de aplicar el método correctivo a los valores de los parámetros es la siguiente:

$$y_x = 146.66088(1.05469)^x (0.54068)^{0.20238^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Con estas funciones se calcularon los valores estimados para estas tasas :

Cuadro 32

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimadas |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0 | 79.481 | 73.713 | 79.297 |
| 1 | 131.589 | 140.754 | 132.447 |
| 2 | 158.129 | 158.723 | 156.876 |
| 3 | 171.177 | 169.174 | 170.373 |
| 4 | 180.504 | 179.228 | 181.025 |
| 5 | 189.931 | 189.757 | 191.283 |
| 6 | 201.094 | 200.890 | 201.840 |
| 7 | 214.168 | 212.675 | 212.905 |

El Coeficiente de Correlación para el primer caso fue de 0.99530532 y un e. r. (error relativo) de -0.087% y para el segundo fue de 0.99972374 con un e.r. de -0.002%. Como se puede observar la aproximación de los últimos valores a los valores observados es aceptable.

- Orden de Nacimiento igual a dos hijos nacidos vivos.

La primera Función de Makeham que se calculó fue:

$$y_x = 101.21566(1.09169)^x (0.16542)^{0.43301^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Una vez realizadas las correcciones a los parámetros de esta función, se encontró la siguiente función:

$$y_x = 102.84191(1.08918)^x (0.16258)^{0.44604^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Estas funciones permitieron calcular los valores estimados para estas tasas:

Cuadro 33

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimadas |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0 | 17.070 | 16.743 | 16.720 |
| 1 | 49.309 | 50.244 | 49.817 |
| 2 | 85.279 | 85.414 | 84.999 |
| 3 | 113.450 | 113.208 | 113.100 |
| 4 | 134.574 | 134.549 | 134.694 |
| 5 | 152.509 | 152.455 | 152.668 |
| 6 | 169.303 | 169.169 | 169.265 |
| 7 | 185.956 | 186.003 | 185.827 |

El Coeficiente de Correlación para la primera estimación fue de 0.99997947 y su e.r. de 0.037%, mientras que una vez aplicado el método de corrección de parámetros, los valores que se generaron con la nueva función arrojan un Coeficiente de Correlación igual a 0.99998737 y un e.r. de -0.040%.

- Orden de Nacimiento igual a tres hijos nacidos vivos.

Para este orden, la primera Función de Makeham que se encontró es la siguiente:

$$y_x = 106.32792(1.07932)^x (0.02239)^{0.86068^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Y la última función calculada fue:

$$y_x = 104.97725(1.08117)^x (0.02290)^{0.86647^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Por lo tanto, los valores estimados por estas funciones fueron:

Cuadro 34

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimadas |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0 | 2.336 | 2.380 | 2.404 |
| 1 | 13.890 | 13.636 | 13.722 |
| 2 | 37.454 | 37.520 | 37.629 |
| 3 | 68.531 | 68.436 | 68.480 |
| 4 | 99.111 | 99.129 | 99.079 |
| 5 | 126.154 | 126.178 | 126.084 |
| 6 | 149.194 | 149.362 | 149.333 |
| 7 | 169.963 | 169.812 | 169.905 |

De acuerdo con los Coeficientes de Correlación calculados, 0.99999766 para la primera serie de estimaciones con un e.r. de -0.024% y 0.99999829 con un e.r. de 0.001% para la segunda, los datos observados pueden ser descritos con una aproximación satisfactoria.

- Orden de Nacimiento igual a cuatro hijos nacidos vivos.

La primera Función de Makeham que se calculó para describir el comportamiento de las Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de nacimiento igual a cuatro hijos nacidos vivos fue:

$$y_x = 114.83733(1.05851)^x (0.00602)^{0.6886x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Una vez obtenida esta función se aplicó el método correctivo que permitió definir la siguiente función:

$$y_x = 78.65882(1.10265)^x (0.00663)^{0.81197x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Con esta función se obtuvieron las siguientes estimaciones:

Cuadro 35

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimadas |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0 | 0.738 | 0.692 | 0.537 |
| 1 | 3.971 | 4.240 | 3.963 |
| 2 | 14.048 | 14.214 | 14.170 |
| 3 | 32.432 | 32.088 | 32.355 |
| 4 | 56.041 | 55.787 | 55.974 |
| 5 | 81.417 | 81.822 | 81.558 |
| 6 | 106.946 | 107.289 | 106.856 |
| 7 | 131.071 | 130.706 | 131.093 |

Los Coeficientes de Correlación así como los errores relativos reflejan el estado de la reproducción de los valores estimados, para la primera función el coeficiente fue de 0.99997907 y su e.r. de 0.036%, pero aunque el coeficiente mejoró con la segunda función; ya que fue de 0.99999743 el e.r. fue de -0.037%.

- Orden de Nacimiento igual a cinco hijos nacidos vivos.

En la primera estimación que se hizo para la Función de Makeham el resultado fue el siguiente:

$$y_x = 48,778.8341(0.66227)^x (0.00001)^{0.83315^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Los valores obtenidos con esta función arrojaron un Coeficiente de Correlación de 0.99961710 y un e.r. de 0.220%; sin embargo, cuando se aplicó el método correctivo a los parámetros los resultados arrojaron coeficientes inferiores y errores relativos mayores, lo que indica que no fue posible mejorar la primera estimación calculada.

Con esta función se obtuvieron las siguientes estimaciones:

Cuadro 36

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación |
|---|------------------|---------------------------------|
| 0 | 0.374 | 0.309 |
| 1 | 1.241 | 1.510 |
| 2 | 5.090 | 5.279 |
| 3 | 14.411 | 13.984 |
| 4 | 29.770 | 29.392 |
| 5 | 49.989 | 50.950 |
| 6 | 73.463 | 75.218 |
| 7 | 98.843 | 97.142 |

En resumen, la estimación de las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacido vivo para la Región Norte de los Estados Unidos Mexicanos en 1990 se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro 37

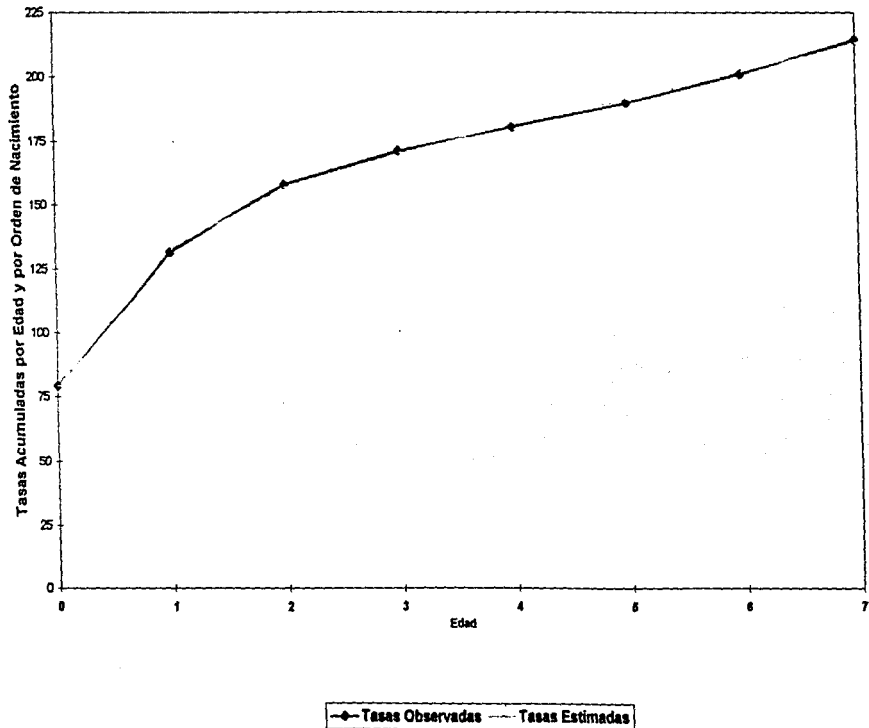
| x | Tasas Acumuladas por edad y orden de nacido | | | | | | | | | |
|---|---|----------------|-----------|----------------|------------|----------------|--------------|----------------|-------------|----------------|
| | Un hijo | | Dos hijos | | Tres hijos | | Cuatro hijos | | Cinco hijos | |
| | Obs. | y _x | Obs. | y _x | Obs. | y _x | Obs. | y _x | Obs. | y _x |
| 0 | 79.481 | 79.297 | 17.070 | 16.720 | 2.336 | 2.404 | 0.738 | 0.537 | 0.374 | 0.309 |
| 1 | 131.589 | 132.447 | 49.309 | 49.817 | 13.890 | 13.722 | 3.971 | 3.963 | 1.241 | 1.510 |
| 2 | 158.129 | 156.876 | 85.279 | 84.999 | 37.454 | 37.629 | 14.048 | 14.170 | 5.090 | 5.279 |
| 3 | 171.177 | 170.373 | 113.450 | 113.100 | 68.531 | 68.480 | 32.432 | 32.355 | 14.411 | 13.984 |
| 4 | 180.504 | 181.025 | 134.574 | 134.694 | 99.111 | 99.079 | 56.041 | 55.974 | 29.770 | 29.392 |
| 5 | 189.931 | 191.283 | 152.509 | 152.868 | 126.154 | 126.084 | 81.417 | 81.558 | 49.989 | 50.950 |
| 6 | 201.094 | 201.840 | 169.303 | 169.265 | 149.194 | 149.333 | 106.946 | 106.856 | 73.483 | 75.218 |
| 7 | 214.168 | 212.905 | 185.956 | 185.827 | 169.963 | 169.905 | 131.071 | 131.093 | 98.843 | 97.142 |

Puede notarse que la Ley de Makeham reproduce satisfactoriamente los valores observados; ya que las diferencias entre los valores teóricos y los observados resultaron ser en su gran mayoría diferencias mínimas, a excepción del orden de cinco hijos nacidos vivos donde los datos estimados presentan una variación relativamente superior que no pudo ser corregida.

Los resultados de los cinco órdenes de nacimiento se muestran gráficamente a continuación.

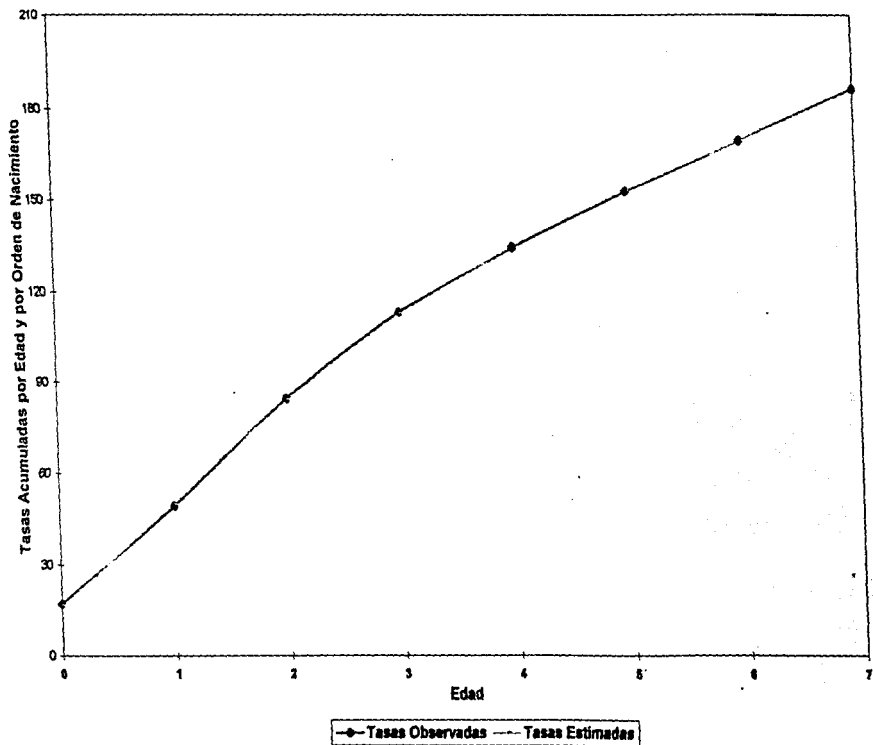
Gráfica No. 1

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento Igual a un hijo nacido vivo para la Región Norte de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



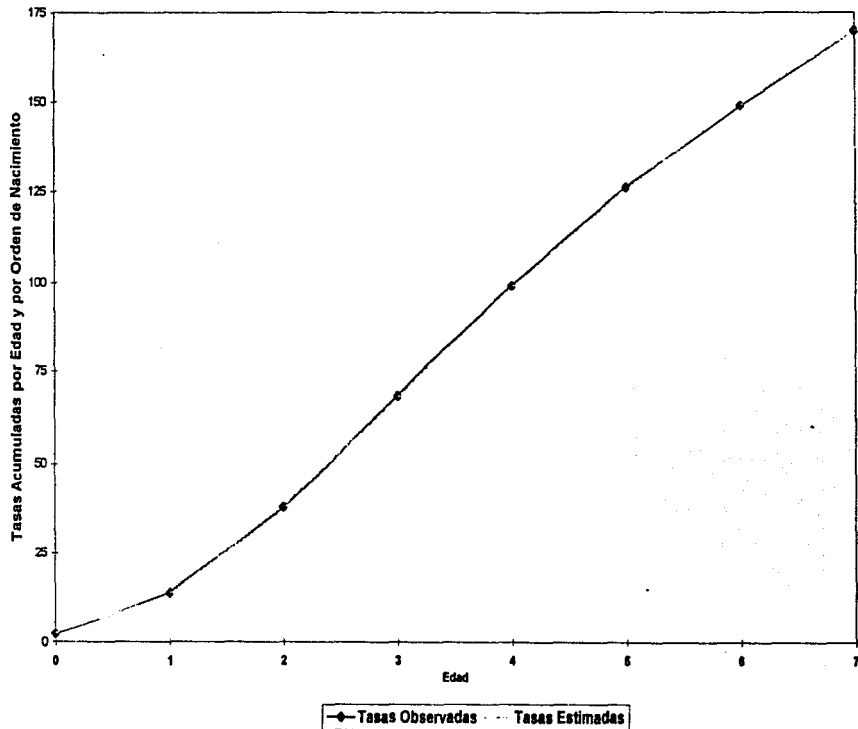
Gráfica No. 2

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a dos hijos nacidos vivos para la Región Norte de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



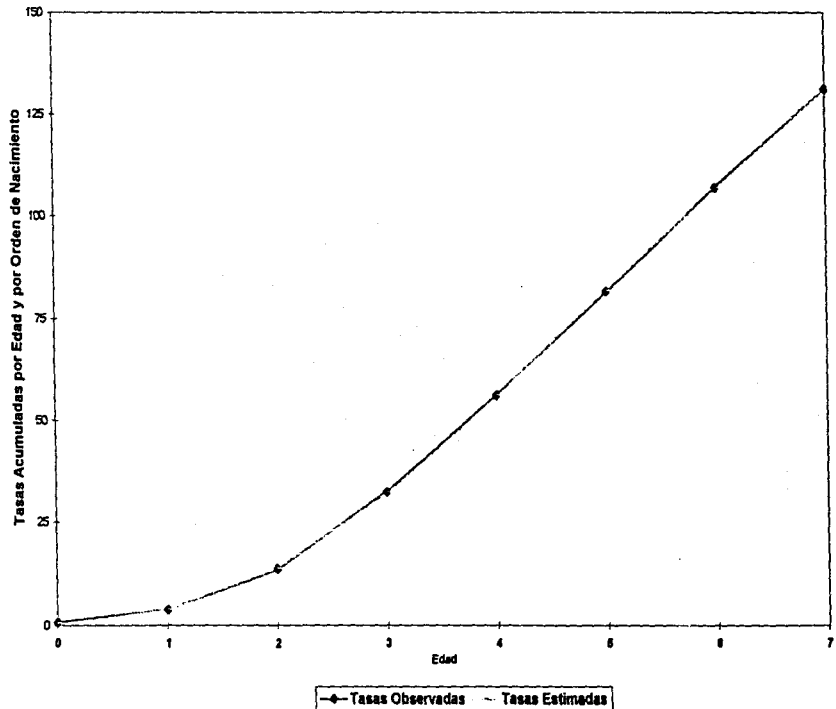
Gráfica No. 3

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento Igual a tres hijos nacidos vivos para la Región Norte de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



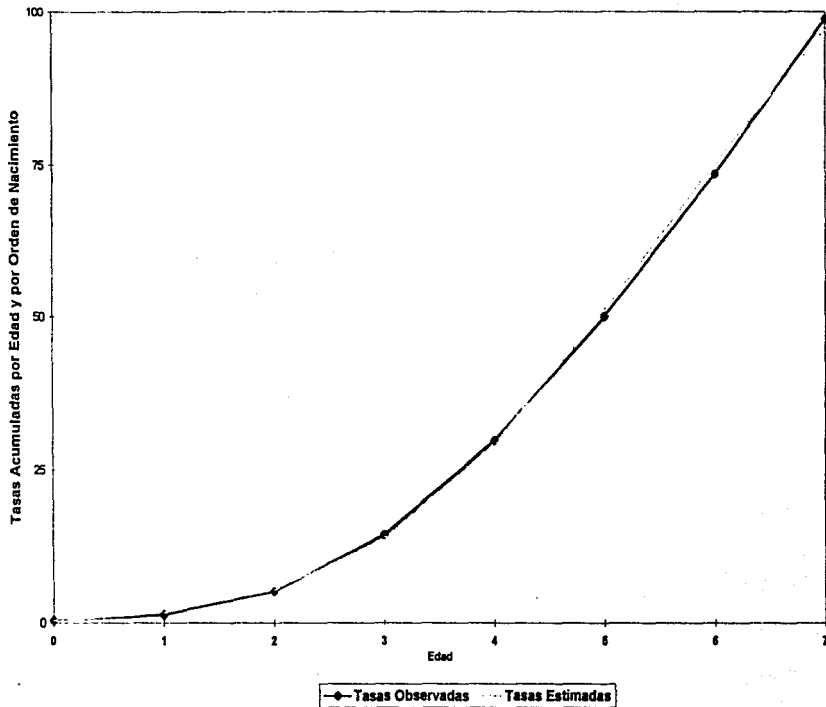
Gráfica No. 4

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a cuatro hijos nacidos vivos para la Región Norte de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



Gráfica No. 5

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a cinco hijos nacidos vivos para la Región Norte de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



4.2.2 Región Pacífico Norte

Los resultados correspondientes a esta región pertenecen a los estados de Baja California Sur, Sinaloa y Nayarit. Así las Tasas Específicas de Fecundidad por edad y orden de nacimiento y las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento se muestran en los cuadros 38 y 39.

Cuadro 38

| x | Tasas Específicas de Fecundidad por edad y orden de nacimiento | | | | |
|---|--|---------|---------|---------|---------|
| | 1 Hijo | 2 Hijos | 3 Hijos | 4 Hijos | 5 Hijos |
| 0 | 78.08% | 17.76% | 2.58% | 0.99% | 0.60% |
| 1 | 48.36% | 33.09% | 13.02% | 4.25% | 1.28% |
| 2 | 23.10% | 33.22% | 25.23% | 12.77% | 5.68% |
| 3 | 10.60% | 23.60% | 30.54% | 22.21% | 13.05% |
| 4 | 7.95% | 16.86% | 28.05% | 26.84% | 20.29% |
| 5 | 8.82% | 15.34% | 24.38% | 26.59% | 24.87% |
| 6 | 11.03% | 15.49% | 21.18% | 25.67% | 26.62% |
| 7 | 13.92% | 16.34% | 19.75% | 23.26% | 26.74% |

Cuadro 39

| Edad | Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento | | | | |
|------|---|---------|---------|---------|---------|
| | 1 Hijo | 2 Hijos | 3 Hijos | 4 Hijos | 5 Hijos |
| 0 | 78.08% | 17.76% | 2.58% | 0.99% | 0.60% |
| 1 | 126.44% | 50.85% | 15.60% | 5.24% | 1.87% |
| 2 | 149.53% | 84.08% | 40.83% | 18.01% | 7.55% |
| 3 | 160.13% | 107.68% | 71.37% | 40.22% | 20.60% |
| 4 | 168.09% | 124.54% | 99.42% | 67.06% | 40.90% |
| 5 | 176.91% | 139.88% | 123.80% | 93.66% | 65.76% |
| 6 | 187.94% | 155.37% | 144.98% | 119.33% | 92.38% |
| 7 | 201.85% | 171.71% | 164.72% | 142.59% | 119.12% |

Los datos permitieron calcular los parámetros de la Función de Makeham que describirá la tendencia de las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento para esta región.

- Orden de Nacimiento igual a un hijo nacido vivo.

La Función de Makeham que reproduce, en primera instancia, el comportamiento de las Tasas Acumuladas por Edad para este orden de nacimiento fue:

$$y_x = 140.79172(1.04825)^x (0.54586)^{0.30073x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Sin embargo, la Función de Makeham que se obtiene después de aplicar el método correctivo a los valores de los parámetros fue la siguiente:

$$y_x = 135.32557(1.05734)^x(0.57566)^{0.2977x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Con estas funciones se calcularon los valores estimados para estas tasas :

Cuadro 40

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimadas |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0 | 78.076 | 76.852 | 77.901 |
| 1 | 126.435 | 130.697 | 127.438 |
| 2 | 149.533 | 150.977 | 147.660 |
| 3 | 160.131 | 161.377 | 159.153 |
| 4 | 168.086 | 169.826 | 168.958 |
| 5 | 176.907 | 178.159 | 178.798 |
| 6 | 187.938 | 186.784 | 189.084 |
| 7 | 201.854 | 195.802 | 199.934 |

El Coeficiente de Correlación para el primer caso fue de 0.99719233 y un e.r. de 0.121%, para el segundo fue de 0.99930721 con un e.r. -0.003%. Por lo que es claro, que el método de corrección logró mejorar los valores estimados, proporcionando un coeficiente con una mayor aproximación a 1 y un e.r. mucho menor.

- Orden de Nacimiento igual a dos hijos nacidos vivos.

La primera Función de Makeham que se calculó fue:

$$y_x = 86.92272(1.10232)^x (0.19786)^{0.27193x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Las correcciones a los parámetros de esta función, permitieron encontrar la siguiente función:

$$y_x = 89.00748(1.09852)^x (0.19430)^{0.29000x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

El siguiente cuadro presenta los valores estimados en ambos casos:

Cuadro 41

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimadas |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0 | 17.759 | 17.199 | 17.294 |
| 1 | 50.853 | 52.457 | 51.610 |
| 2 | 84.077 | 84.424 | 83.717 |
| 3 | 107.677 | 107.123 | 107.063 |
| 4 | 124.535 | 124.427 | 124.793 |
| 5 | 139.877 | 139.853 | 140.294 |
| 6 | 155.372 | 155.282 | 155.511 |
| 7 | 171.711 | 171.632 | 171.434 |

El Coeficiente de Correlación para la primera estimación fue de 0.99991979 y su e.r. de 0.063%, mientras que una vez aplicado el método de corrección de parámetros, los valores que se generaron con la función arrojan un Coeficiente de Correlación igual a 0.99995863 y un e.r. de 0.017%.

- Orden de Nacimiento igual a tres hijos nacidos vivos.

Las Funciones de Makeham obtenidas para este orden, antes y después del método de corrección son las siguientes:

$$y_x = 89.55162(1.09687)^x (0.02909)^{0.8279x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

$$y_x = 89.366622(1.09717)^x (0.02935)^{0.8279x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Por lo tanto, los valores estimados por estas funciones fueron:

Cuadro 42

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimadas |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0 | 2.576 | 2.605 | 2.623 |
| 1 | 15.601 | 15.437 | 15.489 |
| 2 | 40.827 | 40.924 | 40.981 |
| 3 | 71.368 | 71.223 | 71.251 |
| 4 | 99.417 | 99.460 | 99.456 |
| 5 | 123.796 | 123.784 | 123.762 |
| 6 | 144.976 | 145.049 | 145.031 |
| 7 | 164.724 | 164.696 | 164.699 |

De acuerdo con los Coeficientes de Correlación calculados y los errores relativos de cada caso, en primer lugar se obtuvo 0.99999878 y -0.016% para la primera serie de estimaciones y 0.99999885

con un e.r. de 0.001% para la segunda, lo que muestra que los datos observados pueden ser descritos por la función con una buena aproximación.

- Orden de Nacimiento igual a cuatro hijos nacidos vivos.

Para describir en primera instancia el comportamiento de las Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de nacimiento para este orden, se calculó la siguiente función:

$$y_x = 136.65484(1.04019)^x (0.00678)^{0.44729 x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Una vez obtenida esta función se aplicó el método correctivo que permitió definir la siguiente función:

$$y_x = 86.92786(1.09376)^x (0.00757)^{0.48722 x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Con estas funciones se obtuvieron los siguientes valores:

Cuadro 43

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimadas |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0 | 0.993 | 0.927 | 0.658 |
| 1 | 5.239 | 5.611 | 5.146 |
| 2 | 18.010 | 18.250 | 18.219 |
| 3 | 40.221 | 39.706 | 40.192 |
| 4 | 67.065 | 66.589 | 66.840 |
| 5 | 93.657 | 94.359 | 93.893 |
| 6 | 119.332 | 119.898 | 119.250 |
| 7 | 142.589 | 141.865 | 142.608 |

El Coeficiente de Correlación para los primeros datos calculados fue de 0.99995327 y su e.r. de 0.041%, mientras que para los datos obtenidos después de aplicar el método de corrección de parámetros fue 0.99999387 con un e.r. de -0.061%.

- Orden de Nacimiento igual a cinco hijos nacidos vivos.

En la primera estimación que se hizo para encontrar la Función de Makeham que se ajustara a los valores observados, el resultado fue el siguiente:

$$y_x = 68,439.56545(0.83846)^x (0.00001)^{0.83063 x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Los valores obtenidos con esta función arrojaron un Coeficiente de Correlación de

0.99954760 y e.r. de 0.187%, coeficiente y error relativo que no fue posible mejorar bajo el método de corrección de parámetros ya que el resultado era inverso; es decir disminuía el valor del coeficiente alejándose de 1 conforme se corregían los parámetros por lo que se optó por dejar la primera estimación.

A partir de esta función se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 44

| x | Tasas Observadas | y _t tera. Estimación |
|---|------------------|---------------------------------|
| 0 | 0.596 | 0.485 |
| 1 | 1.871 | 2.310 |
| 2 | 7.552 | 7.826 |
| 3 | 20.603 | 19.982 |
| 4 | 40.898 | 40.340 |
| 5 | 65.763 | 67.003 |
| 6 | 92.383 | 94.643 |
| 7 | 119.122 | 116.853 |

El cuadro 45 muestra en forma global las estimaciones que de las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacido vivo, se calcularon para la Región Pacífico Norte de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.

Cuadro 45

Tasas Acumuladas por edad y orden de nacido

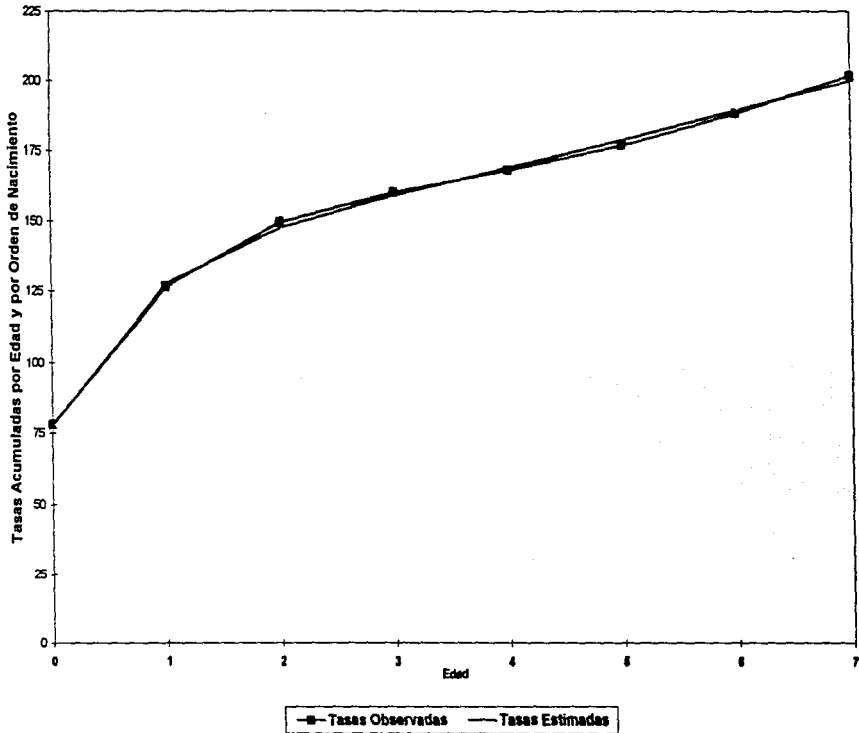
| x | Un hijo | | Dos hijos | | Tres hijos | | Cuatro hijos | | Cinco hijos | |
|---|---------|----------------|-----------|----------------|------------|----------------|--------------|----------------|-------------|----------------|
| | Obs. | y _t | Obs. | y _t | Obs. | y _t | Obs. | y _t | Obs. | y _t |
| 0 | 78.078 | 77.901 | 17.759 | 17.294 | 2.576 | 2.623 | 0.993 | 0.658 | 0.596 | 0.485 |
| 1 | 126.435 | 127.438 | 50.853 | 51.610 | 15.801 | 15.489 | 5.239 | 5.146 | 1.871 | 2.310 |
| 2 | 149.533 | 147.660 | 84.077 | 83.717 | 40.827 | 40.981 | 18.010 | 18.219 | 7.552 | 7.826 |
| 3 | 160.131 | 159.153 | 107.677 | 107.063 | 71.368 | 71.251 | 40.221 | 40.192 | 20.603 | 19.982 |
| 4 | 168.086 | 168.958 | 124.535 | 124.793 | 99.417 | 99.456 | 67.065 | 66.840 | 40.898 | 40.340 |
| 5 | 178.907 | 178.798 | 139.877 | 140.294 | 123.796 | 123.762 | 93.657 | 93.893 | 65.763 | 67.003 |
| 6 | 187.938 | 189.084 | 155.372 | 155.511 | 144.976 | 145.031 | 119.332 | 119.250 | 92.383 | 94.643 |
| 7 | 201.854 | 199.934 | 171.711 | 171.434 | 164.724 | 164.699 | 142.589 | 142.608 | 119.122 | 116.853 |

Para esta región la Función de Makeham ofrece los modelos adecuados para describir la tendencia de las Tasas Acumuladas, sin embargo nuevamente se vuelve a presentar el caso de que en el último orden, la corrección de valores no fuera posible. Por lo anterior, se dejó como estimación de estas tasas los valores obtenidos a partir de aplicar el método de determinación de parámetros.

A continuación se representan los datos gráficamente.

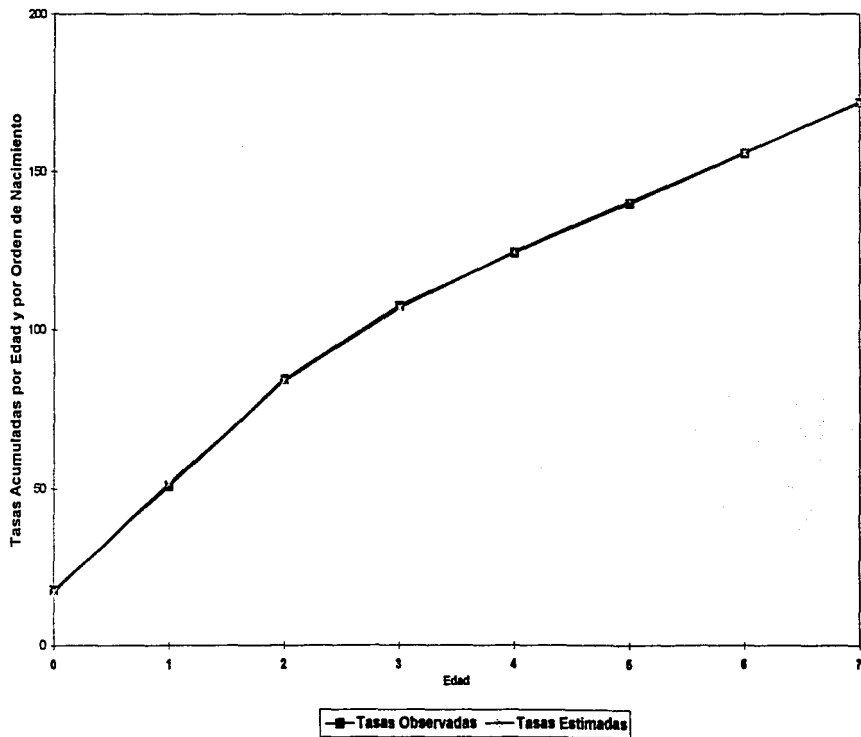
Gráfica No. 6

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a un hijo nacido vivo para la Región
Pacífico Norte de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



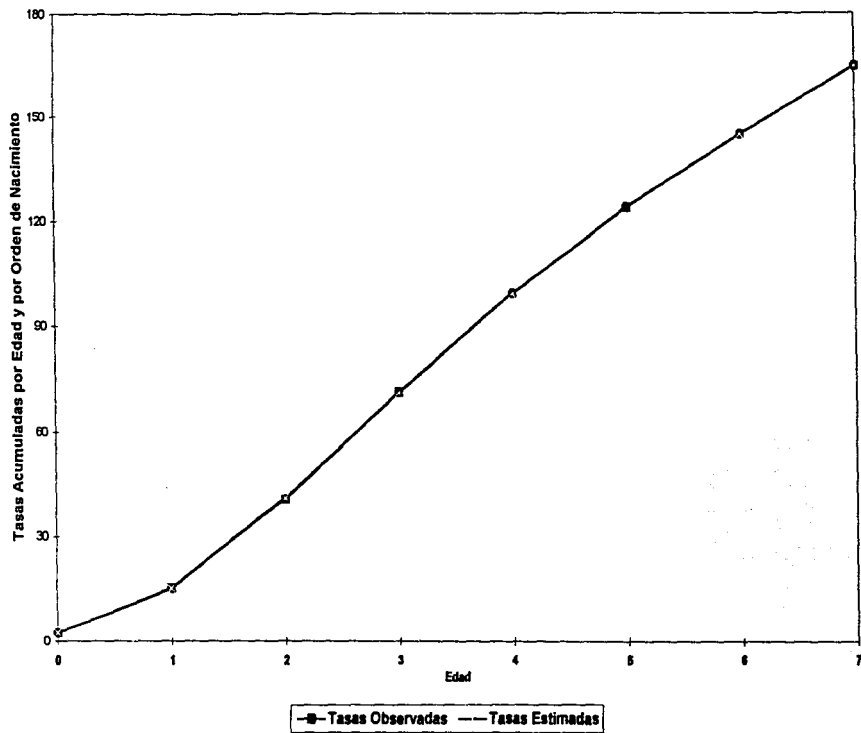
Gráfica No. 7

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a dos hijos nacidos vivos para la Región
Pacífico Norte de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



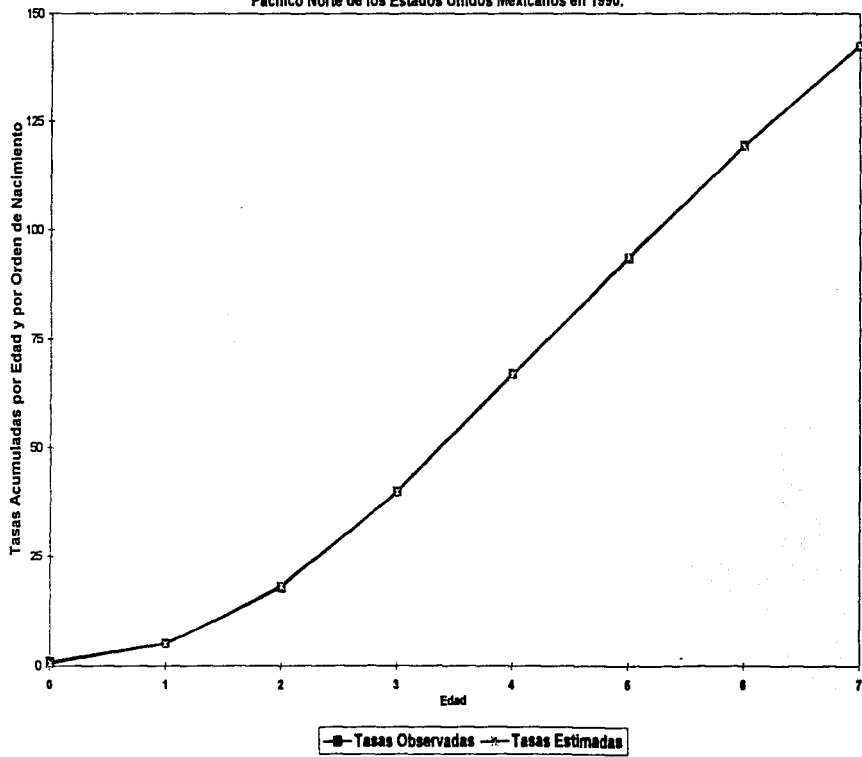
Gráfica No. 8

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a tres hijos nacidos vivos para la Región
Pacífico Norte de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



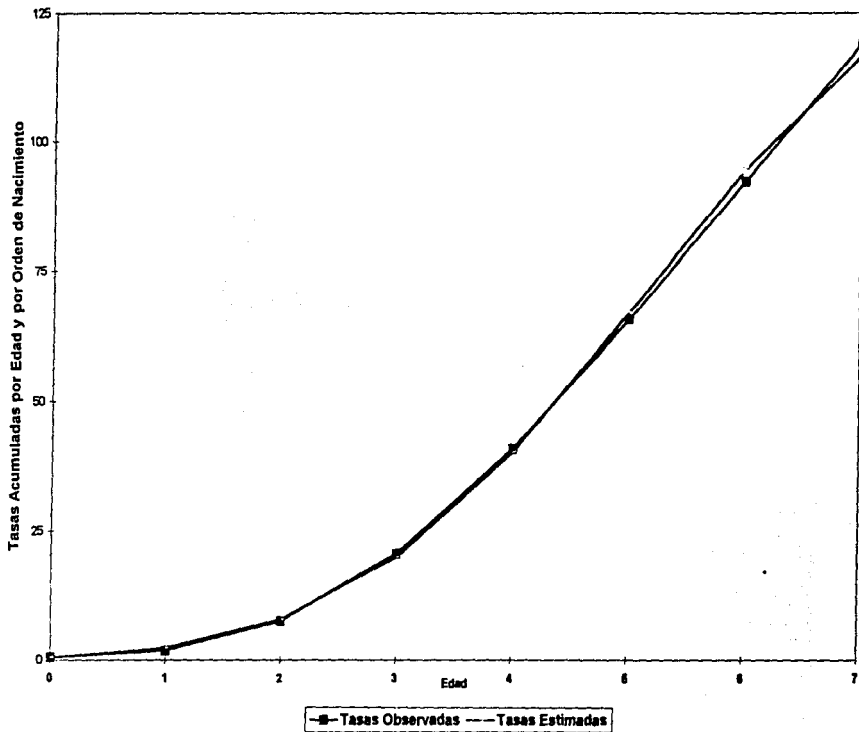
Gráfica No. 9

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a cuatro hijos nacidos vivos para la Región
Pacífico Norte de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



Gráfica No. 10

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a cinco hijos nacidos vivos para la Región
Pacífico Norte de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



4.2.3 Región Pacífico Sur

A esta región pertenecen los estados de Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán y Oaxaca. En el cuadro 46 y 47 se muestran los resultados correspondientes a las Tasas Específicas de Fecundidad por edad y orden de nacimiento y las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento respectivamente.

Cuadro 46

| x | Tasas Específicas de Fecundidad por edad y orden de nacimiento | | | | |
|---|--|---------|---------|---------|---------|
| | 1 Hijo | 2 Hijos | 3 Hijos | 4 Hijos | 5 Hijos |
| 0 | 72.45% | 21.75% | 3.91% | 1.29% | 0.59% |
| 1 | 41.41% | 33.23% | 16.59% | 6.54% | 2.24% |
| 2 | 20.82% | 29.55% | 24.82% | 15.86% | 8.94% |
| 3 | 11.92% | 23.02% | 27.24% | 21.81% | 16.01% |
| 4 | 9.54% | 18.62% | 26.26% | 24.60% | 20.97% |
| 5 | 10.54% | 17.52% | 23.84% | 24.71% | 23.60% |
| 6 | 12.72% | 16.96% | 21.50% | 23.90% | 24.92% |
| 7 | 14.89% | 17.76% | 19.95% | 22.74% | 24.67% |

Cuadro 47

| Edad | Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento | | | | |
|------|---|---------|---------|---------|---------|
| | 1 Hijo | 2 Hijos | 3 Hijos | 4 Hijos | 5 Hijos |
| 0 | 72.45% | 21.75% | 3.91% | 1.29% | 0.59% |
| 1 | 113.86% | 54.98% | 20.50% | 7.83% | 2.83% |
| 2 | 134.68% | 84.53% | 45.32% | 23.69% | 11.77% |
| 3 | 146.60% | 107.56% | 72.56% | 45.50% | 27.78% |
| 4 | 156.15% | 126.18% | 98.82% | 70.10% | 48.75% |
| 5 | 166.69% | 143.69% | 122.46% | 94.81% | 72.35% |
| 6 | 179.41% | 160.65% | 143.96% | 118.71% | 97.27% |
| 7 | 194.30% | 178.41% | 163.91% | 141.45% | 121.94% |

A partir de estos datos y la aplicación del método de determinación de parámetros para la Función de Makeham, se obtuvieron las funciones que describen las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento para esta región.

- Orden de Nacimiento igual a un hijo nacido vivo.

Para este orden la Función de Makeham que estima los valores de las Tasas Acumuladas por Edad es:

$$y_x = 121.01749(1.06715)^x (0.58202)^{0.18308x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Mientras que la Función de Makeham que se obtiene después de aplicar el método correctivo a los valores de los parámetros fue la siguiente:

$$y_x = 119.04142(1.01749)^x (0.58202)^{0.21980x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Y con estas funciones se calcularon los valores estimados para estas tasas :

Cuadro 48

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimadas |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0 | 72.451 | 70.435 | 72.331 |
| 1 | 113.863 | 118.235 | 114.544 |
| 2 | 134.682 | 135.848 | 133.533 |
| 3 | 146.604 | 146.727 | 145.709 |
| 4 | 156.148 | 156.888 | 156.741 |
| 5 | 166.687 | 167.477 | 168.089 |
| 6 | 179.409 | 178.733 | 180.139 |
| 7 | 194.297 | 190.737 | 193.025 |

El Coeficiente de Correlación calculado para la primera estimación fue de 0.99824883 y el e.r. resultante fue de 0.081%, para la segunda estimación fue de 0.99966511 y un e.r. de -0.003%. Por lo tanto, el método de corrección mejoró los valores estimados.

- Orden de Nacimiento igual a dos hijos nacidos vivos.

La primera Función de Makeham que se calculó fue:

$$y_x = 87.53383(1.10771)^x (0.25177)^{0.41212x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Aplicando el método de corrección a los parámetros de esta función, se encontró la siguiente función:

$$y_x = 87.09099(1.10849)^x (0.25170)^{0.41212x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

El cuadro 49 presenta los valores estimados en ambos casos:

Cuadro 49

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimadas |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0 | 21.750 | 21.950 | 21.920 |
| 1 | 54.977 | 54.495 | 54.676 |
| 2 | 84.532 | 84.486 | 84.660 |
| 3 | 107.558 | 107.655 | 107.704 |
| 4 | 126.177 | 126.415 | 126.361 |
| 5 | 143.692 | 143.476 | 143.386 |
| 6 | 160.652 | 160.548 | 160.481 |
| 7 | 178.409 | 178.593 | 178.599 |

El Coeficiente de Correlación para la primera estimación fue de 0.99998953 con un e.r. de -0.015%, mientras que una vez aplicado el método de corrección de parámetros, los valores que se generaron con la función arrojan un Coeficiente de Correlación igual a 0.99999128 y un e.r. de -0.005%.

- Orden de Nacimiento igual a tres hijos nacidos vivos.

La siguiente Función de Makeham permitió obtener para este orden los valores estimados para las Tasas Acumuladas:

$$y_x = 78.18991(1.11641)^x (0.05306)^{0.81234^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Una vez aplicado el método de corrección de parámetros, fue posible ajustar la función anterior de tal manera que los valores calculados fueron los siguientes:

$$y_x = 82.62037(1.10826)^x (0.05834)^{0.83319^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Los valores estimados por estas funciones fueron:

Cuadro 50

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimadas |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0 | 3.914 | 4.148 | 4.820 |
| 1 | 20.500 | 19.334 | 20.012 |
| 2 | 45.321 | 44.952 | 44.968 |
| 3 | 72.561 | 73.133 | 72.752 |
| 4 | 98.822 | 99.059 | 98.723 |
| 5 | 122.459 | 122.127 | 121.932 |
| 6 | 143.960 | 143.470 | 143.202 |
| 7 | 163.906 | 164.415 | 163.708 |

La función para esta región presentó desde un principio un Coeficiente de Correlación bastante aceptable, 0.99995216 con un e.r. de -0.12%, sin embargo una vez que se le aplicó a sus parámetros el método de corrección dicho coeficiente mejoró al quedar en 0.99997104 pero el e.r. bajo a -0.197%.

- Orden de Nacimiento igual a cuatro hijos nacidos vivos.

La Función de Makeham para describir el comportamiento de las Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de nacimiento para este orden, fue la siguiente:

$$y_x = 61.02835(1.13887)^x (0.02082)^{0.56960 x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Una vez obtenida esta función se aplicó el método correctivo que permitió definir la siguiente función:

$$y_x = 68.02835(1.12320)^x (0.02033)^{0.57546 x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Con estas funciones se obtuvieron las siguientes estimaciones:

Cuadro 51

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimadas |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0 | 1,293 | 1,271 | 1,388 |
| 1 | 7,831 | 7,963 | 8,056 |
| 2 | 23,694 | 23,548 | 23,396 |
| 3 | 45,499 | 45,741 | 45,524 |
| 4 | 70,100 | 70,234 | 70,268 |
| 5 | 94,808 | 94,545 | 94,854 |
| 6 | 118,710 | 118,235 | 118,496 |
| 7 | 141,448 | 141,892 | 141,541 |

El Coeficiente de Correlación para los primeros datos calculados fue de 0.99998402 con un e.r. de 0.009%, mientras que para los datos obtenidos después de aplicar el método de corrección de parámetros fue 0.99999405 con un e.r. de 0.028%.

- Orden de Nacimiento igual a cinco hijos nacidos vivos.

Como primera Función de Makeham para las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento se obtuvo:

$$y_x = 70.85698(1.11274)^x (0.00699)^{0.83446 x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Como una segunda opción se obtuvo la siguiente función:

$$y_x = 55.14489(1.14314)^x (0.00659)^{e^{-0.0142x}} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

A partir de estas funciones se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 52

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimadas |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0 | 0.592 | 0.495 | 0.363 |
| 1 | 2.828 | 3.382 | 3.072 |
| 2 | 11.772 | 11.899 | 11.701 |
| 3 | 27.780 | 27.483 | 27.596 |
| 4 | 48.754 | 48.605 | 48.771 |
| 5 | 72.353 | 72.568 | 72.459 |
| 6 | 97.269 | 97.307 | 96.979 |
| 7 | 121.940 | 121.880 | 121.893 |

La primera estimación presentó un coeficiente igual a 0.999984 y un e.r. de 0.086%, mientras que la segunda estimación tuvo un coeficiente de 0.999993 y un e.r. de -0.118%.

En resumen los valores observados y estimados para las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacido vivo para la Región Pacífico Sur son los siguientes:

Cuadro 53

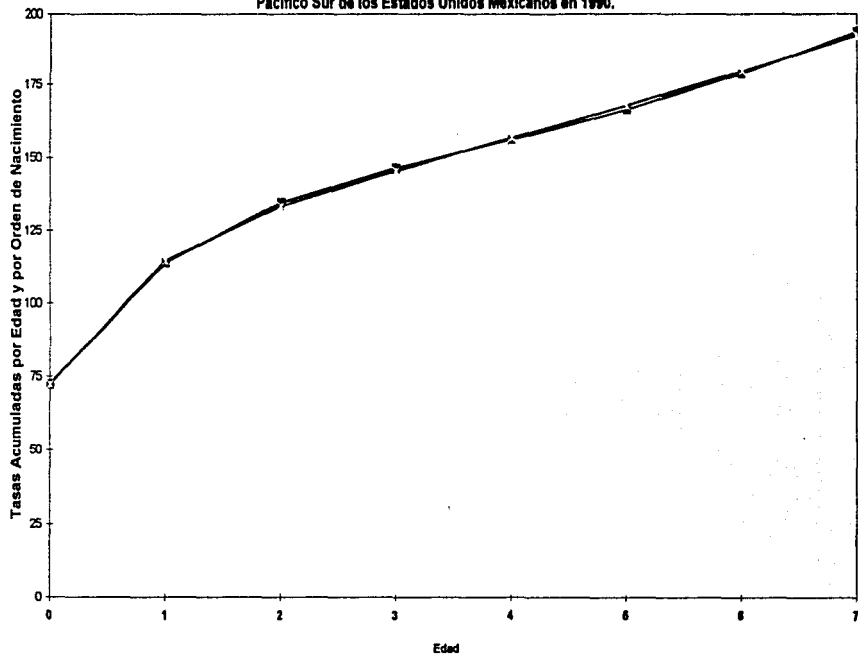
| x | Tasas Acumuladas por edad y orden de nacido | | | | | | | | | |
|---|---|----------------|-----------|----------------|------------|----------------|--------------|----------------|-------------|----------------|
| | Un hijo | | Dos hijos | | Tres hijos | | Cuatro hijos | | Cinco hijos | |
| | Obs. | y _x | Obs. | y _x | Obs. | y _x | Obs. | y _x | Obs. | y _x |
| 0 | 72.451 | 72.331 | 21.750 | 21.920 | 3.914 | 4.820 | 1.293 | 1.388 | 0.592 | 0.363 |
| 1 | 113.863 | 114.544 | 54.977 | 54.678 | 20.500 | 20.012 | 7.831 | 8.056 | 2.828 | 3.072 |
| 2 | 134.682 | 133.533 | 84.532 | 84.660 | 45.321 | 44.968 | 23.694 | 23.396 | 11.772 | 11.701 |
| 3 | 146.804 | 145.709 | 107.556 | 107.704 | 72.561 | 72.752 | 45.489 | 45.524 | 27.780 | 27.596 |
| 4 | 156.148 | 156.741 | 126.177 | 126.361 | 98.822 | 98.723 | 70.100 | 70.266 | 48.754 | 48.771 |
| 5 | 166.687 | 166.089 | 143.692 | 143.386 | 122.459 | 121.932 | 94.808 | 94.854 | 72.353 | 72.459 |
| 6 | 179.409 | 180.139 | 160.652 | 160.481 | 143.960 | 143.202 | 118.710 | 118.496 | 97.269 | 96.979 |
| 7 | 194.297 | 193.025 | 178.409 | 178.599 | 163.906 | 163.708 | 141.448 | 141.541 | 121.940 | 121.893 |

En esta región se observó que la Función de Makeham describe satisfactoriamente los valores observados, y que es hasta el orden de nacimiento igual a tres donde los valores calculados para las x's 0 y 1 muestran una mayor diferencia.

Los datos anteriores se representan gráficamente.

Gráfica No. 11

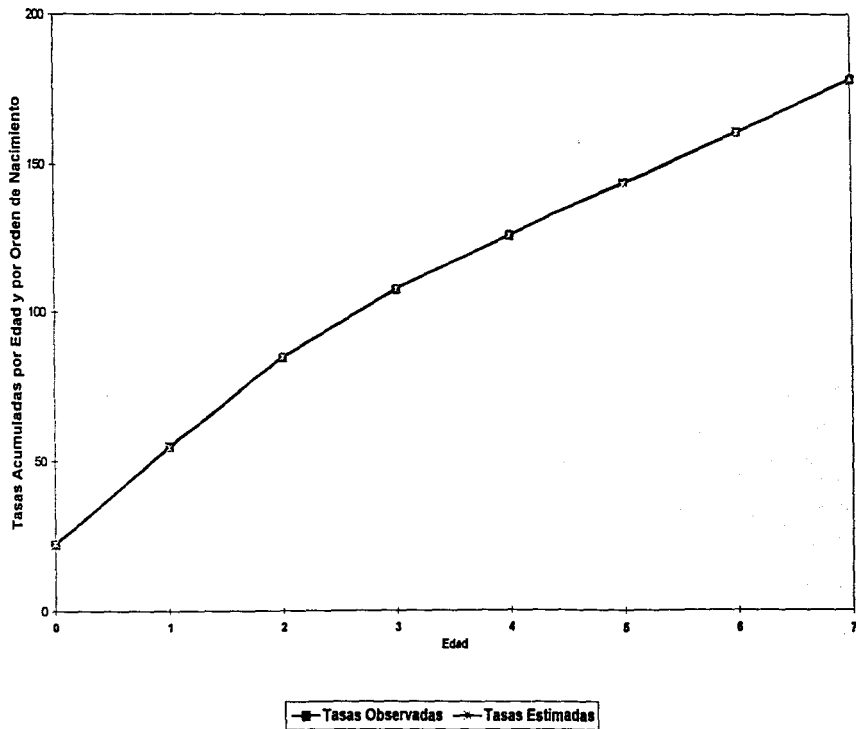
Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a un hijo nacido vivo para la Región
Pacífico Sur de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



—■— Tasas Observadas ——— Tasas Estimadas

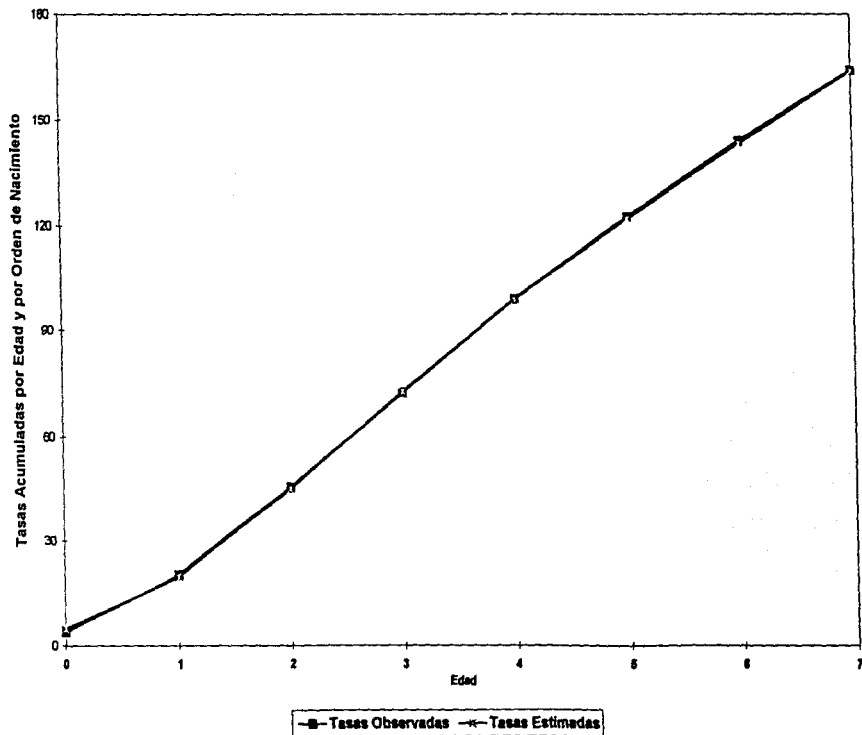
Gráfica No. 12

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a dos hijos nacidos vivos para la Región
Pacífico Sur de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



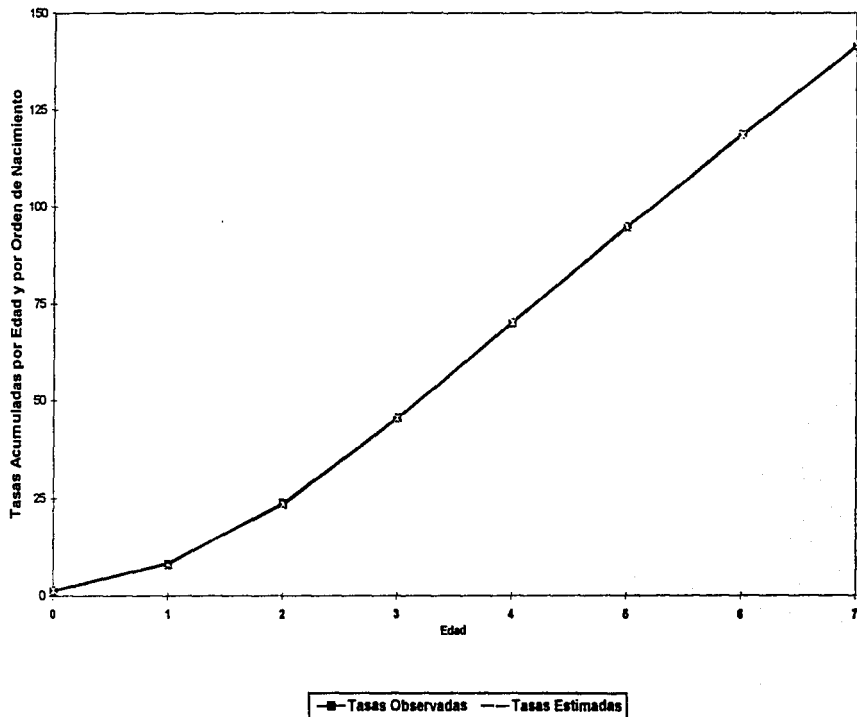
Gráfica No. 13

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento Igual a tres hijos nacidos vivos para la Región
Pacífico Sur de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



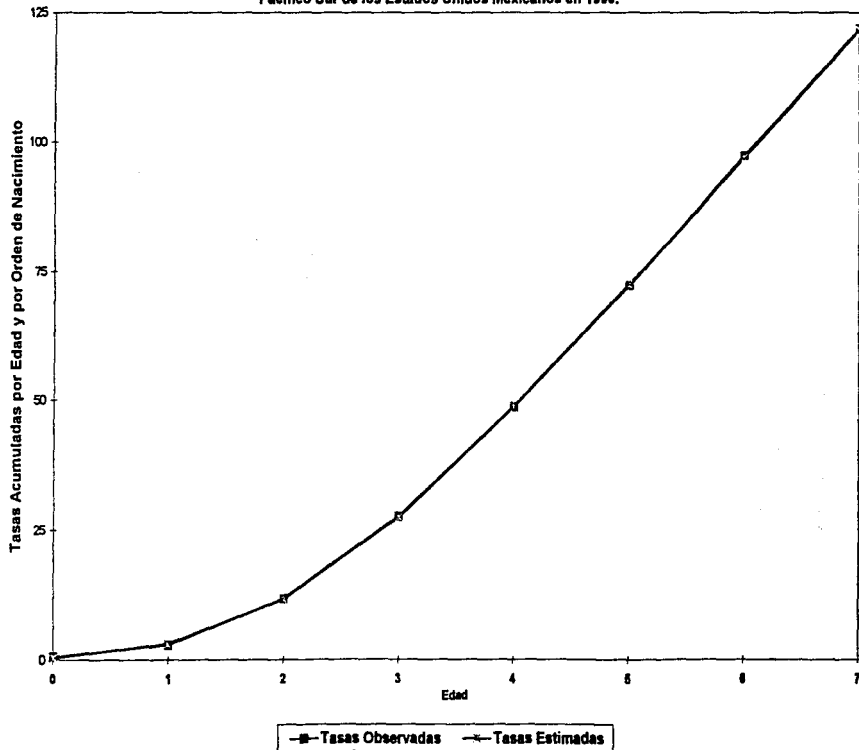
Gráfica No. 14

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento Igual a cuatro hijos nacidos vivos para la Región Pacífico Sur de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



Gráfica No. 15

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a cinco hijos nacidos vivos para la Región
Pacífico Sur de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



4.2.4 Región Sur

Para esta región se consideraron los estados de Chiapas y Quintana Roo, las Tasas Específicas de Fecundidad por edad y orden de nacimiento, así como las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento se muestran en los cuadros 54 y 55.

Cuadro 54

| x | Tasas Específicas de Fecundidad por edad y orden de nacimiento | | | | |
|---|--|---------|---------|---------|---------|
| | 1 Hijo | 2 Hijos | 3 Hijos | 4 Hijos | 5 Hijos |
| 0 | 66.58% | 25.46% | 5.76% | 1.52% | 0.68% |
| 1 | 34.12% | 32.42% | 20.58% | 9.33% | 3.54% |
| 2 | 17.29% | 25.84% | 24.97% | 19.23% | 12.68% |
| 3 | 11.43% | 22.32% | 26.19% | 22.02% | 18.04% |
| 4 | 9.67% | 18.96% | 25.14% | 24.37% | 21.85% |
| 5 | 10.40% | 17.92% | 23.52% | 24.62% | 23.54% |
| 6 | 11.63% | 17.24% | 21.90% | 24.48% | 24.75% |
| 7 | 14.61% | 18.11% | 20.74% | 22.85% | 23.69% |

Cuadro 55

| Edad | Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento | | | | |
|------|---|---------|---------|---------|---------|
| | 1 Hijo | 2 Hijos | 3 Hijos | 4 Hijos | 5 Hijos |
| 0 | 66.58% | 25.46% | 5.76% | 1.52% | 0.68% |
| 1 | 100.70% | 57.88% | 26.34% | 10.85% | 4.22% |
| 2 | 117.99% | 83.72% | 51.31% | 30.08% | 16.90% |
| 3 | 129.42% | 106.04% | 77.50% | 52.10% | 34.94% |
| 4 | 139.10% | 125.00% | 102.65% | 76.47% | 56.79% |
| 5 | 149.50% | 142.91% | 126.17% | 101.09% | 80.33% |
| 6 | 161.13% | 160.15% | 148.07% | 125.57% | 105.08% |
| 7 | 175.74% | 178.26% | 168.80% | 148.42% | 128.78% |

Con estos datos se determinaron los parámetros de la Función de Makeham que describirá la tendencia de las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento para esta región.

- Orden de Nacimiento igual a un hijo nacido vivo.

La primera Función de Makeham estimada fue:

$$y_x = 101.45450(1.08024)^x (0.59984)^{0.00044x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

La Función de Makeham que se obtiene después de aplicar el método correctivo a los valores de los parámetros fue la siguiente:

$$y_x = 103.21857(1.07809)^x (0.64437)^{0.21907x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Con estas funciones se calcularon los valores estimados para estas tasas :

Cuadro 56

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimadas |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0 | 66.576 | 60.857 | 66.511 |
| 1 | 100.700 | 109.224 | 101.065 |
| 2 | 117.991 | 118.387 | 117.464 |
| 3 | 129.424 | 127.889 | 128.740 |
| 4 | 139.096 | 138.151 | 139.294 |
| 5 | 149.500 | 149.237 | 150.290 |
| 6 | 161.126 | 161.212 | 162.054 |
| 7 | 175.741 | 174.147 | 174.715 |

Para la primera serie de datos se obtuvo un Coeficiente de Correlación de 0.99359890 y e.r. igual a -0.101%, mientras que para la segunda el Coeficiente Correlación encontrado fue de 0.999797772 y un e.r. de -0.002% lo que indica que fue posible mejorar el ajuste de la función a través del método correctivo.

- Orden de Nacimiento igual a dos hijos nacidos vivos.

Para estimar los valores de este orden de nacimiento se obtuvo la siguiente función:

$$y_x = 87.92129(1.10723)^x (0.29965)^{0.44880x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Realizadas las correcciones a los parámetros de esta función, se encontró la siguiente:

$$y_x = 85.09522(1.11227)^x (0.30643)^{0.42117x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Con estas funciones fue posible calcular los siguientes valores:

Cuadro 57

| x | Tasas Observadas | y_x 1era. Estimación | \bar{y}_x Estimadas |
|---|------------------|------------------------|-----------------------|
| 0 | 25.462 | 26.346 | 25.991 |
| 1 | 57.883 | 56.022 | 56.758 |
| 2 | 83.719 | 83.665 | 84.443 |
| 3 | 106.037 | 106.258 | 106.474 |
| 4 | 124.998 | 125.291 | 125.008 |
| 5 | 142.914 | 142.785 | 142.323 |
| 6 | 160.150 | 160.201 | 159.900 |
| 7 | 178.258 | 178.458 | 178.624 |

Como primer resultado para el Coeficiente de Correlación se obtuvo 0.99988659 y para el e. r. - 0.045%, aplicado el método de corrección de parámetros, el Coeficiente de Correlación fue igual a 0.99992651 y el e. r. 0.011%, mejorándose la estimación.

- Orden de Nacimiento igual a tres hijos nacidos vivos.

Para este orden, la primera Función de Makeham que se encontró fue la siguiente:

$$y_x = 74.33476(1.128819)^x (0.08406)^{0.60078x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Y la función calculada con el método de corrección de parámetros fue:

$$y_x = 77.24381(1.12233)^x (0.09341)^{0.62119x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Con lo anterior, se calcularon los valores estimados por estas funciones:

Cuadro 58

| x | Tasas Observadas | y_x 1era. Estimación | \bar{y}_x Estimadas |
|---|------------------|------------------------|-----------------------|
| 0 | 5.757 | 6.249 | 7.215 |
| 1 | 26.341 | 24.270 | 25.198 |
| 2 | 51.314 | 50.851 | 51.100 |
| 3 | 77.504 | 78.218 | 78.065 |
| 4 | 102.649 | 103.063 | 102.890 |
| 5 | 126.165 | 125.673 | 125.565 |
| 6 | 148.069 | 147.410 | 147.213 |
| 7 | 168.805 | 169.579 | 169.024 |

El Coeficientes de Correlación para la primera serie fue de 0.99987502 con un e.r. de -0.183%, mientras que para la serie obtenida después de aplicar el método de corrección fue de 0.99990361 con un e.r. de -0.047%.

- Orden de Nacimiento igual a cuatro hijos nacidos vivos.

La primera Función de Makeham que se calculó para describir el comportamiento de las Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de nacimiento igual a cuatro hijos nacidos vivos fue:

$$y_x = 49.06541(1.17686)^x (0.03172)^{0.4819x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Una vez obtenida esta función se aplicó el método correctivo que permitió definir la siguiente función:

$$y_x = 61.73428(1.142466)^x (0.03574)^{0.44234x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Con estas funciones se obtuvieron las siguientes estimaciones:

Cuadro 55

| x | Tasas Observadas | Y _x 1era. Estimación | Y _x Estimadas |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0 | 1.520 | 1.556 | 2.206 |
| 1 | 10.851 | 10.572 | 11.177 |
| 2 | 30.077 | 29.475 | 29.096 |
| 3 | 52.100 | 53.024 | 52.414 |
| 4 | 76.470 | 76.889 | 77.026 |
| 5 | 101.088 | 100.275 | 101.145 |
| 6 | 125.572 | 124.126 | 124.801 |
| 7 | 148.418 | 149.755 | 148.781 |

Para la primera función el coeficiente fue de 0.99985365 y el e.r. de -0.077%, el cual mejoró con la segunda función; ya que el coeficiente calculado fue de 0.99993689, mientras que el e.r. fue de 0.101%.

- Orden de Nacimiento igual a cinco hijos nacidos vivos.

En la primera estimación que se hizo para la Función de Makeham el resultado fue el siguiente:

$$y_x = 40.96521(1.18878)^x (0.01435)^{0.84071x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Para la segunda estimación la función fue:

$$y_x = 51.44558(1.15496)^x (0.01288)^{0.87390x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Con lo anterior, se calcularon los valores estimados por estas funciones:

Cuadro 59

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Finales |
|---|------------------|---------------------------------|------------------------|
| 0 | 0.685 | 0.588 | 0.662 |
| 1 | 4.224 | 4.907 | 4.888 |
| 2 | 16.900 | 16.736 | 16.365 |
| 3 | 34.935 | 35.179 | 34.814 |
| 4 | 56.788 | 56.915 | 57.090 |
| 5 | 80.332 | 79.930 | 80.630 |
| 6 | 105.083 | 103.980 | 104.522 |
| 7 | 128.778 | 129.783 | 128.988 |

0.99990789 fue el primer Coeficiente de Correlación calculado, el cual se mejoró utilizando el método de corrección de parámetros obteniendo un coeficiente de 0.99996040. El comportamiento del e.r. fue para el primer caso de -0.069% contra un 0.055%.

En resumen, la estimación de las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacido vivo para la Región Sur se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro 60

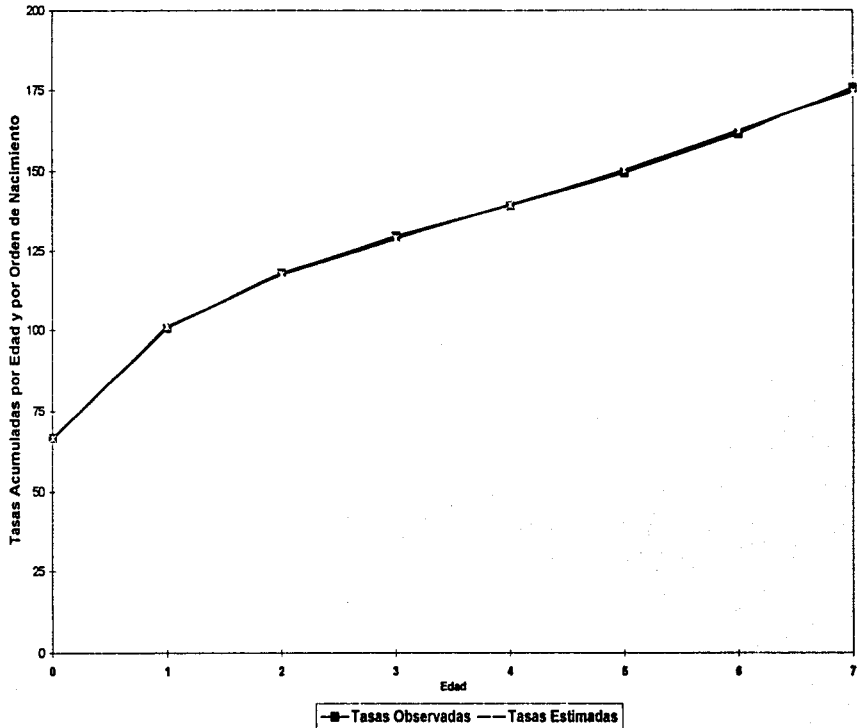
| Tasas Acumuladas por edad y orden de nacido | | | | | | | | | | |
|---|---------|----------------|-----------|----------------|------------|----------------|--------------|----------------|-------------|----------------|
| x | Un hijo | | Dos hijos | | Tres hijos | | Cuatro hijos | | Cinco hijos | |
| | Obs. | y _x | Obs. | y _x | Obs. | y _x | Obs. | y _x | Obs. | y _x |
| 0 | 66.576 | 60.857 | 25.462 | 25.991 | 5.757 | 7.215 | 1.520 | 2.206 | 0.685 | 0.662 |
| 1 | 100.700 | 109.224 | 57.883 | 56.758 | 26.341 | 25.198 | 10.851 | 11.177 | 4.224 | 4.888 |
| 2 | 117.991 | 118.387 | 83.719 | 84.443 | 51.314 | 51.100 | 30.077 | 29.096 | 16.900 | 16.365 |
| 3 | 129.424 | 127.889 | 106.037 | 106.474 | 77.504 | 78.065 | 52.100 | 52.414 | 34.935 | 34.814 |
| 4 | 139.096 | 138.151 | 124.998 | 125.008 | 102.649 | 102.890 | 76.470 | 77.026 | 56.788 | 57.090 |
| 5 | 149.500 | 149.237 | 142.914 | 142.323 | 126.165 | 125.565 | 101.088 | 101.145 | 80.332 | 80.630 |
| 6 | 161.126 | 161.212 | 160.150 | 159.900 | 148.069 | 147.213 | 125.572 | 124.801 | 105.083 | 104.522 |
| 7 | 175.741 | 174.147 | 178.258 | 178.624 | 168.805 | 169.024 | 148.418 | 148.781 | 128.778 | 128.988 |

La Función de Makeham reproduce satisfactoriamente los valores observados en la Región Sur de los Estados Unidos Mexicanos en cuanto a las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento; encontrándose nuevamente que es a partir del orden de nacimiento igual a tres y en las x's 0 y 1 donde se encuentran las diferencias más significativas entre los valores teóricos y los observados.

A continuación se muestra gráficamente los resultados anteriores.

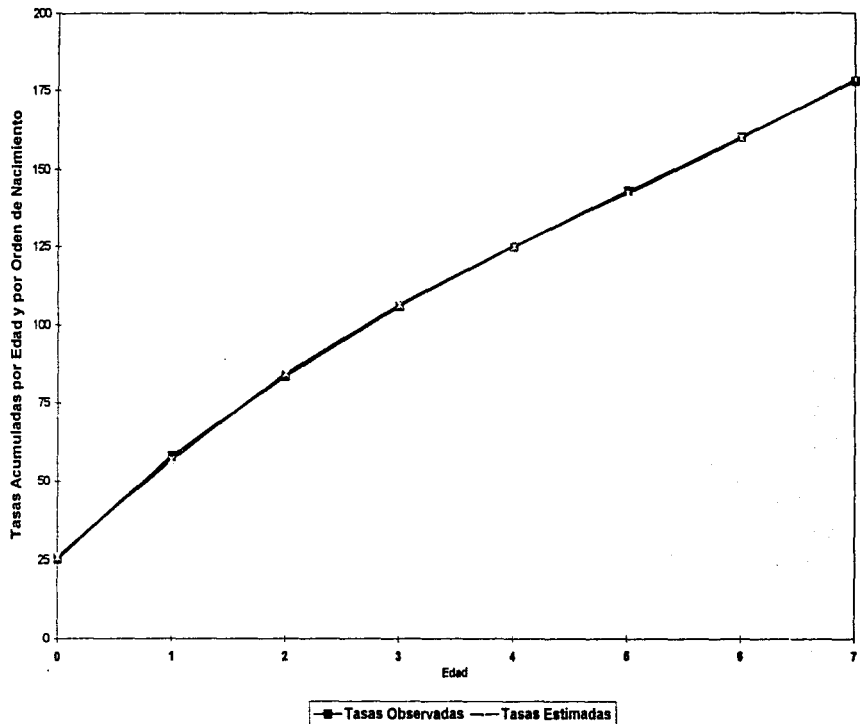
Gráfica No. 16

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento Igual a un hijo nacido vivo para la Región Sur de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



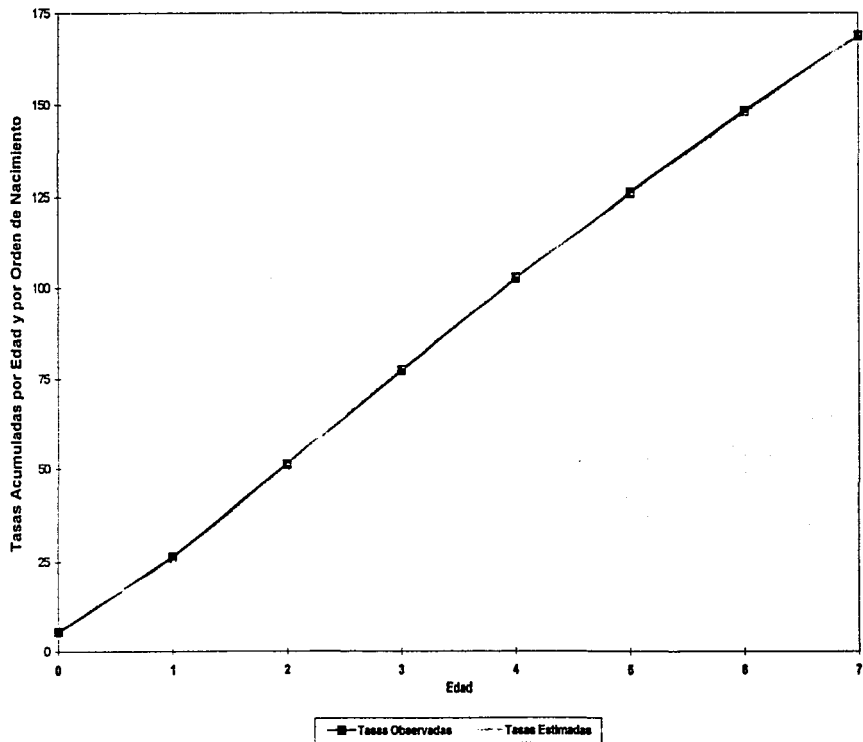
Gráfica No. 17

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento Igual a dos hijos nacidos vivos para la Región Sur de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



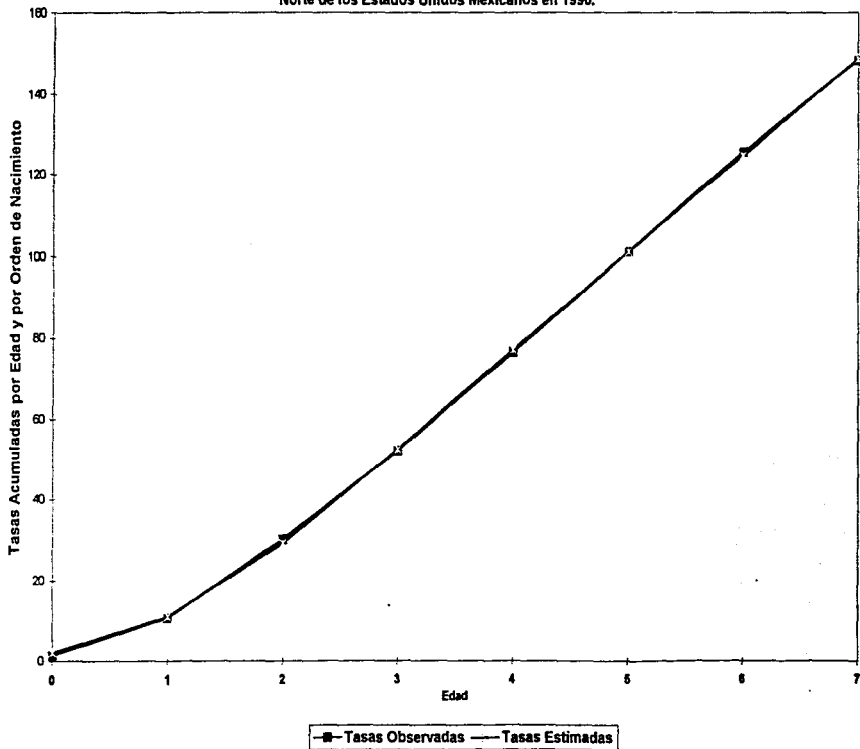
Gráfica No. 18

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a tres hijos nacidos vivos para la Región Sur de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



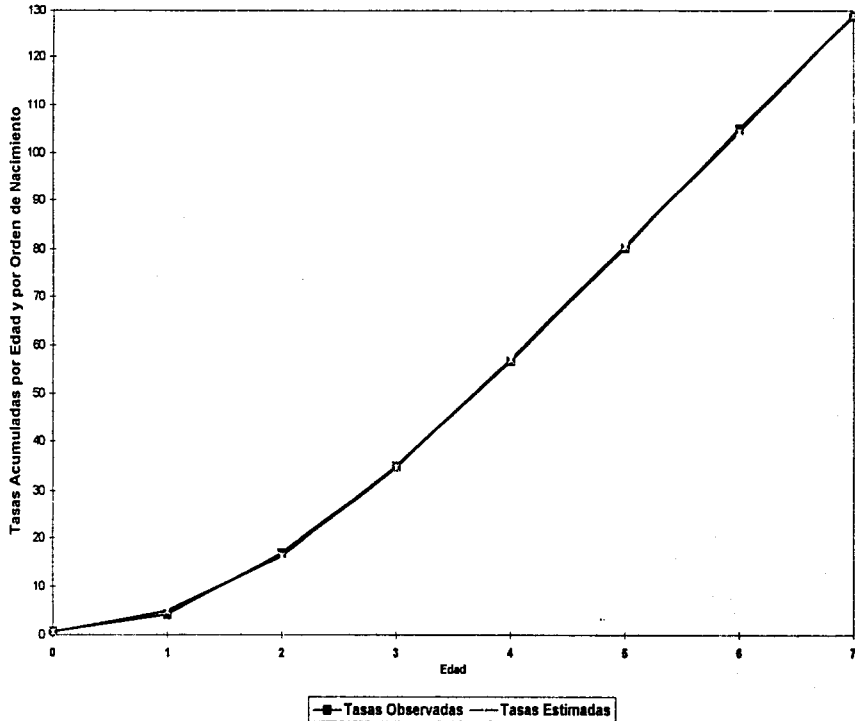
Gráfica No. 19

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a cuatro hijos nacidos vivos para la Región Norte de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



Gráfica No. 20

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento Igual a cinco hijos nacidos vivos para la Región Sur de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



4.2.5 Región Golfo

Los resultados correspondientes a esta región pertenecen a los estados de Campeche, Veracruz, Tabasco y Yucatán. En los siguientes cuadros se muestran las Tasas Específicas de Fecundidad por edad y orden de nacimiento y las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento.

Cuadro 61

| x | Tasas Específicas de Fecundidad por edad y orden de nacimiento | | | | |
|---|--|---------|---------|---------|---------|
| | 1 Hijo | 2 Hijos | 3 Hijos | 4 Hijos | 5 Hijos |
| 0 | 71.26% | 22.59% | 4.50% | 1.21% | 0.44% |
| 1 | 41.30% | 32.69% | 16.73% | 6.88% | 2.40% |
| 2 | 22.51% | 30.77% | 24.17% | 14.54% | 8.01% |
| 3 | 13.67% | 27.17% | 27.79% | 18.77% | 12.59% |
| 4 | 10.49% | 22.87% | 27.79% | 21.91% | 16.95% |
| 5 | 10.95% | 20.77% | 25.40% | 22.98% | 19.90% |
| 6 | 11.91% | 18.95% | 22.90% | 23.88% | 22.37% |
| 7 | 13.84% | 18.54% | 21.83% | 23.42% | 22.56% |

Cuadro 62

| Edad | Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento | | | | |
|------|---|---------|---------|---------|---------|
| | 1 Hijo | 2 Hijos | 3 Hijos | 4 Hijos | 5 Hijos |
| 0 | 71.26% | 22.59% | 4.50% | 1.21% | 0.44% |
| 1 | 112.56% | 55.29% | 21.23% | 8.08% | 2.84% |
| 2 | 135.07% | 86.05% | 45.39% | 22.62% | 10.86% |
| 3 | 148.75% | 113.22% | 73.19% | 41.40% | 23.45% |
| 4 | 159.24% | 136.09% | 100.98% | 63.31% | 40.39% |
| 5 | 170.20% | 156.86% | 126.37% | 86.29% | 60.29% |
| 6 | 182.10% | 175.81% | 149.27% | 110.17% | 82.66% |
| 7 | 195.95% | 194.35% | 170.90% | 133.58% | 105.22% |

Con esta información y aplicando el método de determinación de parámetros se calcularon los parámetros de la Función de Makeham que describirá la tendencia de las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento para esta región.

- Orden de Nacimiento igual a un hijo nacido vivo.

La Función de Makeham que reproduce, en primera instancia, el comportamiento de las Tasas

Acumuladas por Edad para este orden de nacimiento fue:

$$y_x = 120.86405(1.07091)^x (0.57141)^{0.19796^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Sin embargo, la Función de Makeham que se obtiene después de aplicar el método correctivo a los valores de los parámetros fue la siguiente:

$$y_x = 122.75563(1.06853)^x (0.57969)^{0.27325^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Con estas funciones se calcularon los valores estimados para estas tasas :

Cuadro 63

| x | Tasas Observadas | Y _x 1era. Estimación | Y _x Estimadas |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0 | 71.263 | 69.063 | 71.160 |
| 1 | 112.563 | 115.862 | 113.011 |
| 2 | 135.075 | 135.607 | 134.565 |
| 3 | 148.748 | 147.799 | 148.104 |
| 4 | 159.241 | 158.832 | 159.538 |
| 5 | 170.196 | 170.212 | 170.848 |
| 6 | 182.101 | 182.307 | 182.666 |
| 7 | 195.945 | 195.240 | 195.216 |

El Coeficiente de Correlación para el primer caso fue de 0.99922980 y el e.r. de 0.018%, para el segundo casos fue de 0.99990111 y el e.r. de -0.002%.

- Orden de Nacimiento igual a dos hijos nacidos vivos.

La primera Función de Makeham que se calculó fue:

$$y_x = 103.54271(1.09617)^x (0.22386)^{0.48722^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Las correcciones a los parámetros de esta función, permitieron encontrar la siguiente función:

$$y_x = 101.71534(1.09873)^x (0.22786)^{0.48767^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

El siguiente cuadro presenta los valores estimados en ambos casos:

Cuadro 63

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimadas |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0 | 22.591 | 23.179 | 23.177 |
| 1 | 55.288 | 53.925 | 54.329 |
| 2 | 86.051 | 85.936 | 86.379 |
| 3 | 113.221 | 113.462 | 113.648 |
| 4 | 136.086 | 136.429 | 136.339 |
| 5 | 158.857 | 158.589 | 156.359 |
| 6 | 175.806 | 175.619 | 175.424 |
| 7 | 194.349 | 194.710 | 194.718 |

El Coeficiente de Correlación para la primera estimación fue de 0.99994984 y el e.r. de -0.042%, mientras que una vez aplicado el método de corrección de parámetros, los valores que se generaron con la función arrojan un Coeficiente de Correlación igual a 0.99995750 y un e.r. de 0.014%.

- Orden de Nacimiento igual a tres hijos nacidos vivos.

Las Funciones de Makeham obtenidas para este orden, antes y después del método de corrección son las siguientes:

$$y_x = 85.82487(1.11011)^x (0.05603)^{0.84429 x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

$$y_x = 90.28106(1.10313)^x (0.06074)^{0.84333 x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Por lo tanto, los valores estimados por estas funciones fueron:

Cuadro 64

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimadas |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0 | 4.497 | 4.809 | 5.484 |
| 1 | 21.226 | 19.850 | 20.556 |
| 2 | 45.394 | 45.036 | 45.166 |
| 3 | 73.188 | 73.772 | 73.453 |
| 4 | 100.975 | 101.211 | 100.832 |
| 5 | 126.373 | 126.081 | 125.812 |
| 6 | 149.269 | 149.025 | 148.759 |
| 7 | 170.899 | 171.181 | 170.643 |

Los Coeficientes de Correlación calculados fueron 0.99995263 para la primera serie de estimaciones y 0.99996891 para la segunda; mientras que los errores fueron -0.124% y -0.162% respectivamente.

- Orden de Nacimiento igual a cuatro hijos nacidos vivos.

Para describir en primera instancia el comportamiento de las Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de nacimiento para este orden, se calculó la siguiente función:

$$y_x = 41.26878(1.19042)^x (0.03014)^{0.82469 x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Una vez obtenida esta función se aplicó el método correctivo que permitió definir la siguiente función:

$$y_x = 62.86337(1.15427)^x (0.03169)^{0.67887 x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Con estas funciones se obtuvieron los siguientes valores:

Cuadro 65

| x | Tasas Observadas | y_x 1era. Estimación | y_x Estimadas |
|---|------------------|------------------------|-----------------|
| 0 | 1.206 | 1.244 | 1.675 |
| 1 | 8.082 | 7.815 | 8.254 |
| 2 | 22.625 | 22.278 | 22.092 |
| 3 | 41.396 | 41.944 | 41.519 |
| 4 | 63.305 | 63.519 | 63.570 |
| 5 | 86.286 | 85.798 | 86.432 |
| 6 | 110.165 | 109.141 | 109.697 |
| 7 | 133.584 | 134.528 | 133.780 |

El Coeficiente de Correlación para los primeros datos calculados fue de 0.99991915 y el e.r. de -0.082%, mientras que para los datos obtenidos después de aplicar el método de corrección de parámetros fue 0.99997419 y el e.r. de 0.079%.

- Orden de Nacimiento igual a cinco hijos nacidos vivos.

En la primera estimación que se hizo para encontrar la Función de Makeham que se ajustara a los valores observados, el resultado fue el siguiente:

$$y_x = 28.27037(1.22217)^x (0.01438)^{0.99999 x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Después de aplicar el método de corrección de parámetros se obtuvo la siguiente función:

$$y_x = 44.96832(1.15719)^x (0.01213)^{0.62317 x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Los valores obtenidos con la primera función arrojaron un Coeficiente de Correlación de 0.99989766 y un e.r. de -0.026%, mientras que con la segunda función el coeficiente es de 0.99997557 y el e.r. de 0.073%.

A partir de estas funciones se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 66

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimadas |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0 | 0.444 | 0.406 | 0.545 |
| 1 | 2.843 | 3.096 | 3.253 |
| 2 | 10.855 | 10.714 | 10.546 |
| 3 | 23.446 | 23.665 | 23.317 |
| 4 | 40.392 | 40.490 | 40.529 |
| 5 | 60.289 | 59.916 | 60.562 |
| 6 | 82.659 | 81.639 | 82.294 |
| 7 | 105.223 | 106.138 | 105.344 |

El siguiente cuadro muestra en forma completa las estimaciones que de las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacido vivo, se calcularon para la Región Sur de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.

Cuadro 67

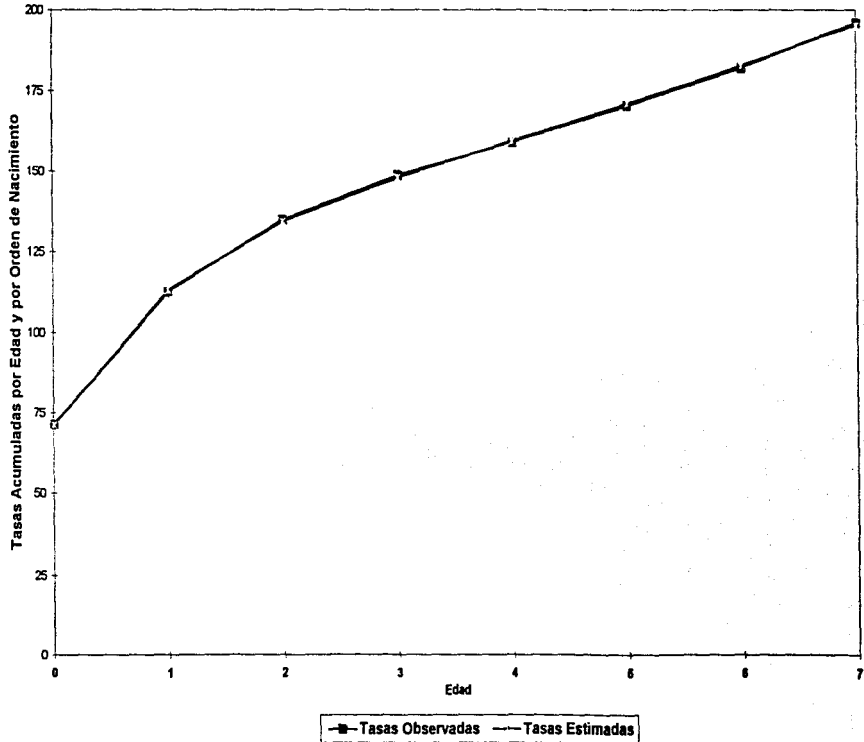
| Tasas Acumuladas por edad y orden de nacido | | | | | | | | | | |
|---|---------|----------------|-----------|----------------|------------|----------------|--------------|----------------|-------------|----------------|
| x | Un hijo | | Dos hijos | | Tres hijos | | Cuatro hijos | | Cinco hijos | |
| | Obs. | y _x | Obs. | y _x | Obs. | y _x | Obs. | y _x | Obs. | y _x |
| 0 | 71.263 | 69.063 | 22.591 | 23.177 | 4.497 | 5.434 | 1.206 | 1.675 | 0.444 | 0.545 |
| 1 | 112.563 | 115.862 | 55.286 | 54.329 | 21.226 | 20.556 | 8.082 | 8.254 | 2.843 | 3.253 |
| 2 | 135.075 | 135.607 | 86.051 | 86.379 | 45.394 | 45.166 | 22.625 | 22.092 | 10.855 | 10.546 |
| 3 | 148.748 | 147.799 | 113.221 | 113.648 | 73.188 | 73.453 | 41.396 | 41.519 | 23.446 | 23.317 |
| 4 | 159.241 | 158.832 | 136.086 | 136.339 | 100.975 | 100.832 | 63.305 | 63.570 | 40.392 | 40.529 |
| 5 | 170.196 | 170.212 | 156.857 | 156.359 | 126.373 | 125.812 | 86.286 | 86.432 | 60.289 | 60.562 |
| 6 | 182.101 | 182.307 | 175.806 | 175.424 | 149.269 | 148.759 | 110.165 | 109.697 | 82.659 | 82.294 |
| 7 | 195.945 | 195.240 | 194.349 | 194.718 | 170.899 | 170.643 | 133.584 | 133.780 | 105.223 | 105.344 |

Para esta región la Función de Makeham presenta la característica ya observada en las otras regiones, para los valores correspondientes a 0 y 1 la diferencia entre los valores observados y los valores teóricos es significativa.

A continuación se representan los datos gráficamente.

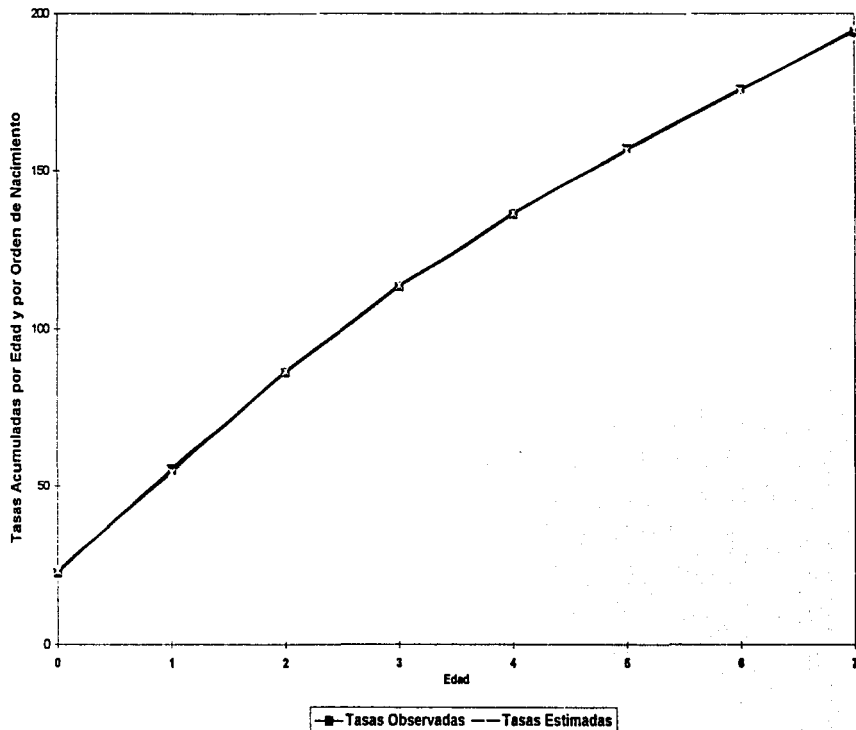
Gráfica No. 21

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a un hijo nacido vivo para la Región del Golfo de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



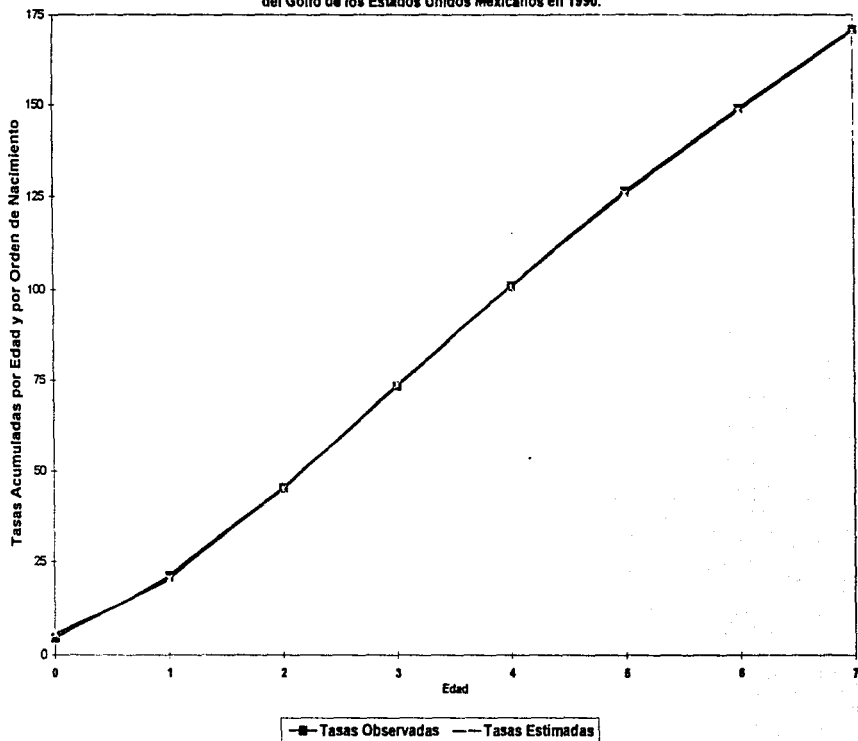
Gráfica No. 22

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a dos hijos nacidos vivos para la Región del Golfo de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



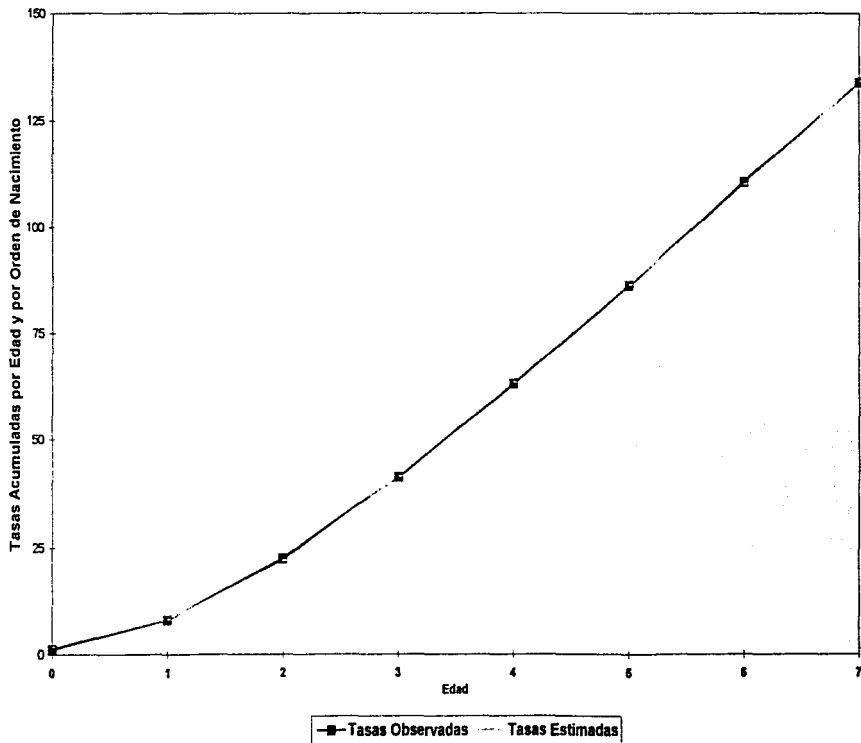
Gráfica No. 23

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a tres hijos nacidos vivos para la Región del Golfo de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



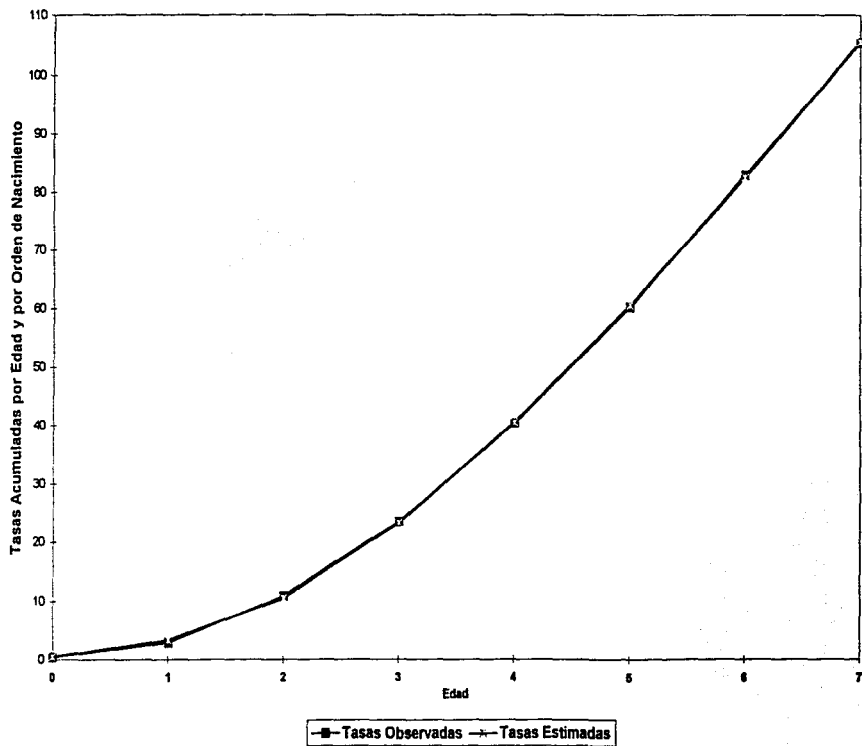
Gráfica No. 24

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a cuatro hijos nacidos vivos para la Región del Golfo de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



Gráfica No. 25

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a cinco hijos nacidos vivos para la Región del Golfo de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



4.2.8 Región Centro Periférico

A esta región se integró con los estados de Aguascalientes, Durango, Guanajuato, Hidalgo, San Luis Potosí, Tlaxcala y Zacatecas. En los siguientes cuadros se presentan los resultados correspondientes a las Tasas Específicas de Fecundidad por edad y orden de nacimiento y las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento.

Cuadro 68

| x | Tasas Específicas de Fecundidad por edad y orden de nacimiento | | | | |
|---|--|---------|---------|---------|---------|
| | 1 Hijo | 2 Hijos | 3 Hijos | 4 Hijos | 5 Hijos |
| 0 | 73.98% | 21.03% | 3.52% | 1.01% | 0.46% |
| 1 | 42.51% | 33.32% | 16.01% | 6.14% | 2.02% |
| 2 | 20.56% | 30.03% | 24.87% | 15.72% | 8.82% |
| 3 | 11.44% | 23.32% | 27.34% | 21.75% | 16.15% |
| 4 | 9.35% | 18.76% | 26.20% | 24.60% | 21.08% |
| 5 | 10.14% | 17.26% | 23.63% | 24.88% | 24.08% |
| 6 | 11.95% | 16.57% | 21.16% | 24.43% | 25.89% |
| 7 | 14.30% | 17.05% | 19.44% | 23.49% | 25.72% |

Cuadro 69

| Edad | Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento | | | | |
|------|---|---------|---------|---------|---------|
| | 1 Hijo | 2 Hijos | 3 Hijos | 4 Hijos | 5 Hijos |
| 0 | 73.98% | 21.03% | 3.52% | 1.01% | 0.46% |
| 1 | 116.49% | 54.35% | 19.53% | 7.16% | 2.48% |
| 2 | 137.04% | 84.38% | 44.40% | 22.88% | 11.29% |
| 3 | 148.48% | 107.71% | 71.74% | 44.63% | 27.44% |
| 4 | 157.84% | 126.46% | 97.95% | 69.23% | 48.52% |
| 5 | 167.98% | 143.72% | 121.58% | 94.11% | 72.61% |
| 6 | 179.93% | 160.29% | 142.74% | 118.55% | 98.49% |
| 7 | 194.23% | 177.35% | 162.18% | 142.04% | 124.21% |

Esta información se utilizó para determinar los parámetros para la Función de Makeham que en cada orden describiera las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento para esta región.

- Orden de Nacimiento igual a un hijo nacido vivo.

Para este orden la Función de Makeham que estima los valores de las Tasas Acumuladas por Edad fue:

$$y_x = 376.64997(1.02491)^x + (0.20308)^{1.33666x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Mientras que la Función de Makeham que se obtiene después de aplicar el método correctivo a los valores de los parámetros fue la siguiente:

$$y_x = 367.64214(1.02858)^x(0.20335)^{0.27840^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Y con estas funciones se calcularon los valores estimados para estas tasas :

Cuadro 70

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimadas |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0 | 73.979 | 76.457 | 74.762 |
| 1 | 244.320 | 237.052 | 242.625 |
| 2 | 341.918 | 340.790 | 343.712 |
| 3 | 385.008 | 387.344 | 386.509 |
| 4 | 408.816 | 409.745 | 407.550 |
| 5 | 423.828 | 424.030 | 422.103 |
| 6 | 435.787 | 435.877 | 434.998 |
| 7 | 446.004 | 447.138 | 447.663 |

El Coeficiente de Correlación calculado para la primera estimación fue de 0.99970968 y el e. r. de -0.044% y para la segunda fue de 0.99992613 y e. r. de 0.010%. Por lo tanto, el método de corrección mejoró los valores estimados.

- Orden de Nacimiento igual a dos hijos nacidos vivos.

La primera Función de Makeham que se calculó fue:

$$y_x = 415.23290(1.02369)^x(0.05339)^{0.34284^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Aplicando el método de corrección a los parámetros de esta función, se encontró la siguiente función:

$$y_x = 408.22929(1.02628)^x(0.05954)^{0.34987^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

El cuadro siguiente presenta los valores estimados en ambos casos:

Cuadro 71

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimadas |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0 | 21.027 | 22.170 | 24.308 |
| 1 | 154.556 | 146.804 | 151.802 |
| 2 | 297.158 | 295.869 | 298.381 |
| 3 | 385.028 | 387.271 | 386.901 |
| 4 | 432.770 | 433.427 | 431.930 |
| 5 | 458.315 | 458.288 | 456.909 |
| 6 | 474.896 | 474.688 | 474.053 |
| 7 | 487.083 | 488.009 | 488.421 |

El Coeficiente de Correlación para la primera estimación fue de 0.99985977 y e.r. de -0.159%, mientras que una vez aplicado el método de corrección de parámetros, los valores que se generaron con la función arrojan un Coeficiente de Correlación igual a 0.99993554 y un e.r. de 0.069%.

- Orden de Nacimiento igual a tres hijos nacidos vivos.

La siguiente Función de Makeham permitió obtener para este orden los valores estimados para las Tasas Acumuladas:

$$y_x = 363.27347(1.02408)^x (0.01083)^{0.40087x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Una vez aplicado el método de corrección de parámetros, fue posible ajustar la función anterior de tal manera que los valores calculados fueron los siguientes:

$$y_x = 374.79489(1.01984)^x (0.01650)^{0.43827x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Los valores estimados por estas funciones fueron:

Cuadro 72

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimadas |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0 | 3.523 | 3.933 | 6.186 |
| 1 | 67.658 | 60.600 | 66.729 |
| 2 | 185.758 | 184.034 | 185.565 |
| 3 | 288.761 | 291.424 | 289.932 |
| 4 | 355.460 | 355.433 | 354.501 |
| 5 | 390.437 | 390.412 | 390.532 |
| 6 | 411.619 | 411.204 | 411.565 |
| 7 | 425.507 | 425.876 | 425.627 |

El Coeficiente de Correlación para la primera función de ajuste fue de 0.99988253 y un e.r. de -0.273% y para los datos obtenidos después de aplicarse el método de corrección de parámetros el coeficiente fue de 0.99997747 y el e.r. de 0.090%.

- Orden de Nacimiento igual a cuatro hijos nacidos vivos.

La Función de Makeham para describir el comportamiento de las Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de nacimiento para este orden, fue la siguiente:

$$y_x = 256.58382(1.03563)^x (0.00406)^{0.44624x} \quad \text{para toda } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Una vez obtenida esta función se aplicó el método correctivo que permitió definir la siguiente función:

$$y_x = 262.55951(1.03256)^x (0.00492)^{0.44118x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Con estas funciones se obtuvieron las siguientes estimaciones:

Cuadro 73

| x | Tasas Observadas | y_x 1era. Estimación | Y_x Estimadas |
|---|------------------|------------------------|-----------------|
| 0 | 1.011 | 1.041 | 1.292 |
| 1 | 25.833 | 24.853 | 26.007 |
| 2 | 100.271 | 99.284 | 99.538 |
| 3 | 182.213 | 183.800 | 183.184 |
| 4 | 244.838 | 244.393 | 244.069 |
| 5 | 281.667 | 281.834 | 282.008 |
| 6 | 308.120 | 305.698 | 305.997 |
| 7 | 322.907 | 322.957 | 322.949 |

El Coeficiente de Correlación para los primeros datos calculados fue de 0.99998125 y un e.r. de -0.055%, mientras que para los datos obtenidos después de aplicar el método de corrección de parámetros fue un coeficiente de 0.99998955 y un e.r. de 0.026%.

- Orden de Nacimiento igual a cinco hijos nacidos vivos.

Como primera Función de Makeham para las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento se obtuvo:

$$y_x = 197.43169(1.03628)^x (0.00184)^{0.47979x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Como una segunda opción se obtuvo la siguiente función:

$$y_x = 177.35223(1.05089)^x (0.00112)^{x+1} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

A partir de estas funciones se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 74

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimadas |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0 | 0.460 | 0.382 | 0.199 |
| 1 | 8.542 | 10.279 | 8.871 |
| 2 | 50.397 | 50.634 | 50.010 |
| 3 | 111.238 | 110.681 | 111.608 |
| 4 | 164.901 | 163.965 | 164.397 |
| 5 | 200.542 | 201.620 | 201.000 |
| 6 | 226.449 | 226.771 | 226.063 |
| 7 | 244.827 | 244.398 | 244.908 |

El Coeficiente de Correlación obtenido para los datos generados por la primera función de Makeham fue de 0.999996235 y un e.r. de 0.136%, mientras que para los datos obtenidos a partir de la función con los parámetros corregidos, el coeficiente fue de 0.99999199 y un e.r. de -0.030%; lo cual permitió una mejor aproximación a los valores observados.

En resumen los valores observados y estimados para las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacido vivo para la Región Centro Periférico son los siguientes:

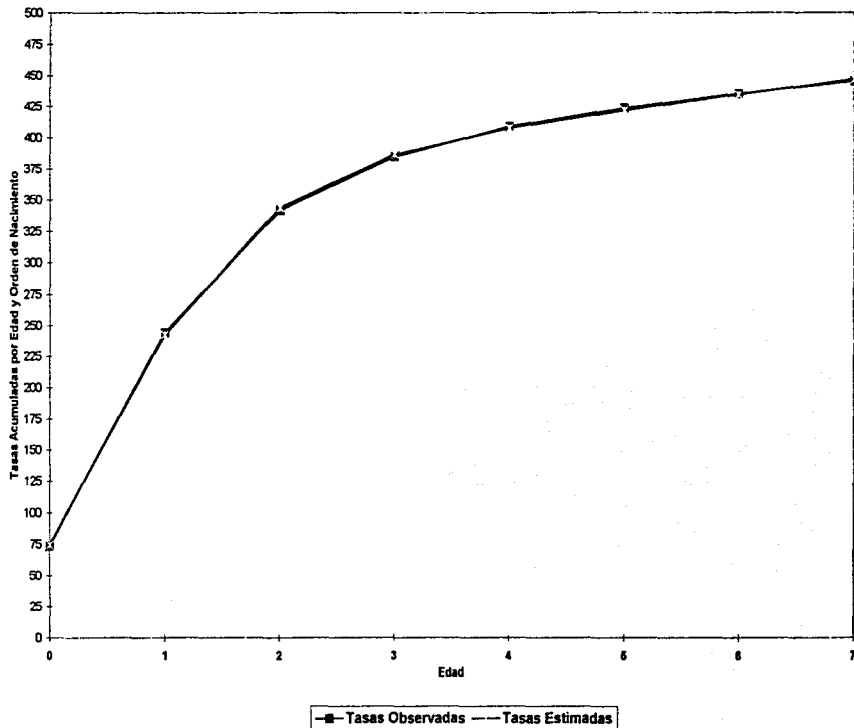
Cuadro 75

| x | Tasas Acumuladas por edad y orden de nacido | | | | | | | | | |
|---|---|----------------|-----------|----------------|------------|----------------|--------------|----------------|-------------|----------------|
| | Un hijo | | Dos hijos | | Tres hijos | | Cuatro hijos | | Cinco hijos | |
| | Obs. | y _x | Obs. | y _x | Obs. | y _x | Obs. | y _x | Obs. | y _x |
| 0 | 73.979 | 74.762 | 21.027 | 24.308 | 3.523 | 6.186 | 1.011 | 1.292 | 0.460 | 0.199 |
| 1 | 244.320 | 242.625 | 154.556 | 151.802 | 67.658 | 66.729 | 25.633 | 26.007 | 8.542 | 8.871 |
| 2 | 341.918 | 343.712 | 297.158 | 298.381 | 185.758 | 185.565 | 100.271 | 99.538 | 50.397 | 50.010 |
| 3 | 385.008 | 386.509 | 385.028 | 386.901 | 288.761 | 289.932 | 182.213 | 183.184 | 111.238 | 111.608 |
| 4 | 408.816 | 407.550 | 432.770 | 431.930 | 355.460 | 354.501 | 244.838 | 244.069 | 164.901 | 164.397 |
| 5 | 423.828 | 422.103 | 458.315 | 456.909 | 390.437 | 390.532 | 281.667 | 282.008 | 200.542 | 201.000 |
| 6 | 435.787 | 434.998 | 474.896 | 474.053 | 411.819 | 411.565 | 308.120 | 305.997 | 226.449 | 226.063 |
| 7 | 446.004 | 447.663 | 487.083 | 488.421 | 425.507 | 425.627 | 322.907 | 322.949 | 244.827 | 244.908 |

En esta región se observó que la Función de Makeham describe satisfactoriamente los valores observados, sin embargo para x igual 0 es donde la diferencia entre los valores observados y los valores calculados muestran realmente es más visible. Los datos anteriores se representan gráficamente.

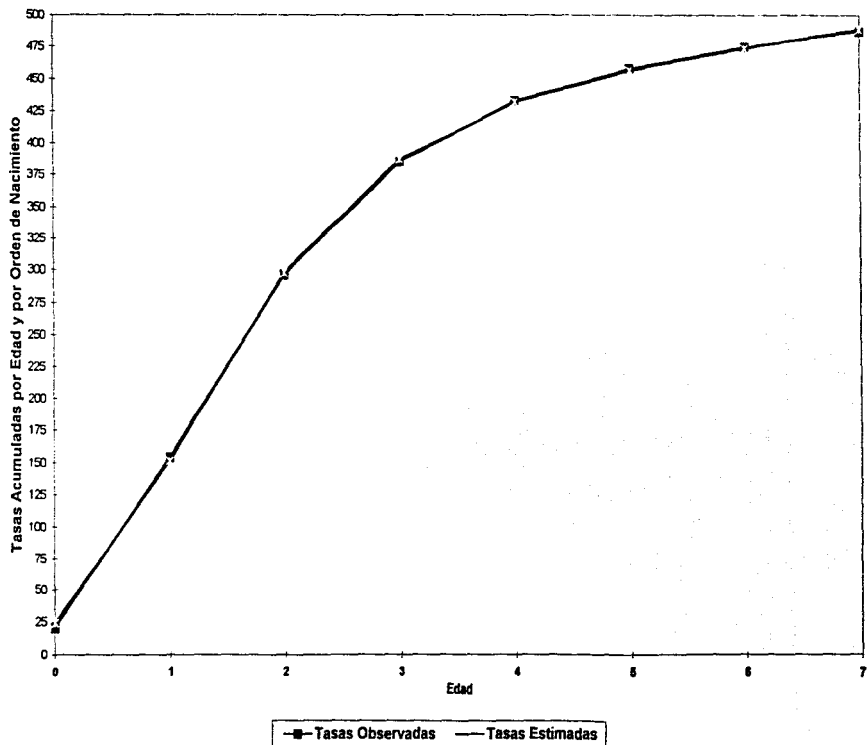
Gráfica No. 26

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a un hijo nacido vivo para la Región Centro
Periférico de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



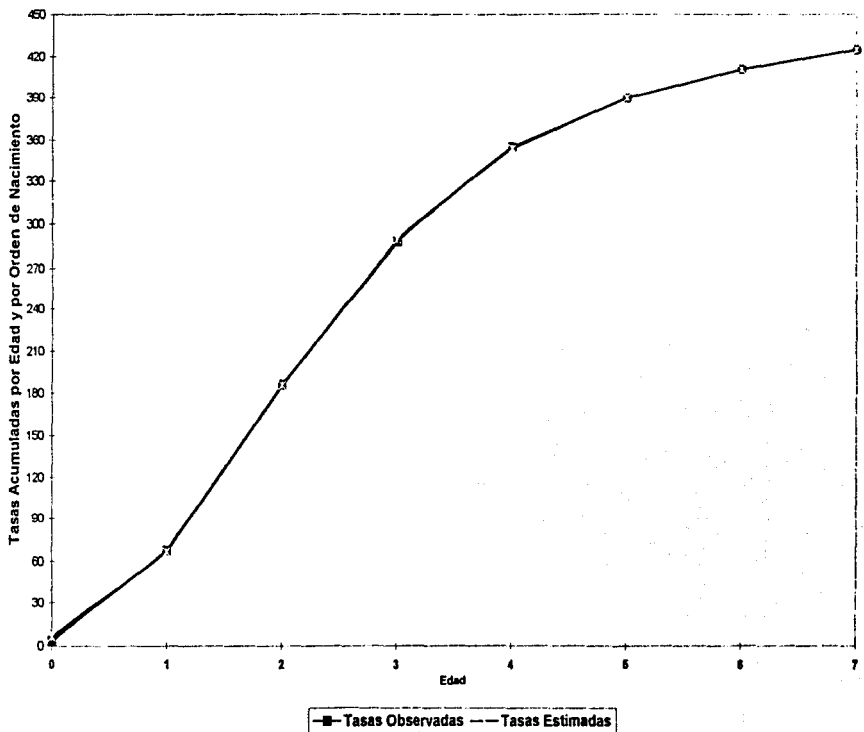
Gráfica No. 27

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a dos hijos nacidos vivos para la Región Centro Periférico de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



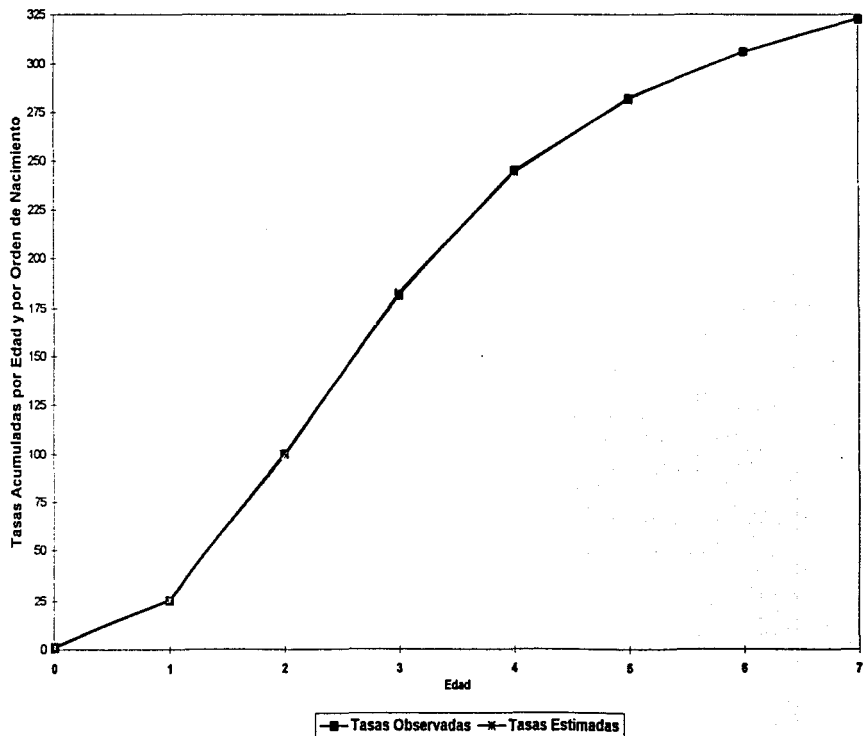
Gráfica No. 28

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a tres hijos nacidos vivos para la Región Centro Periférico de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



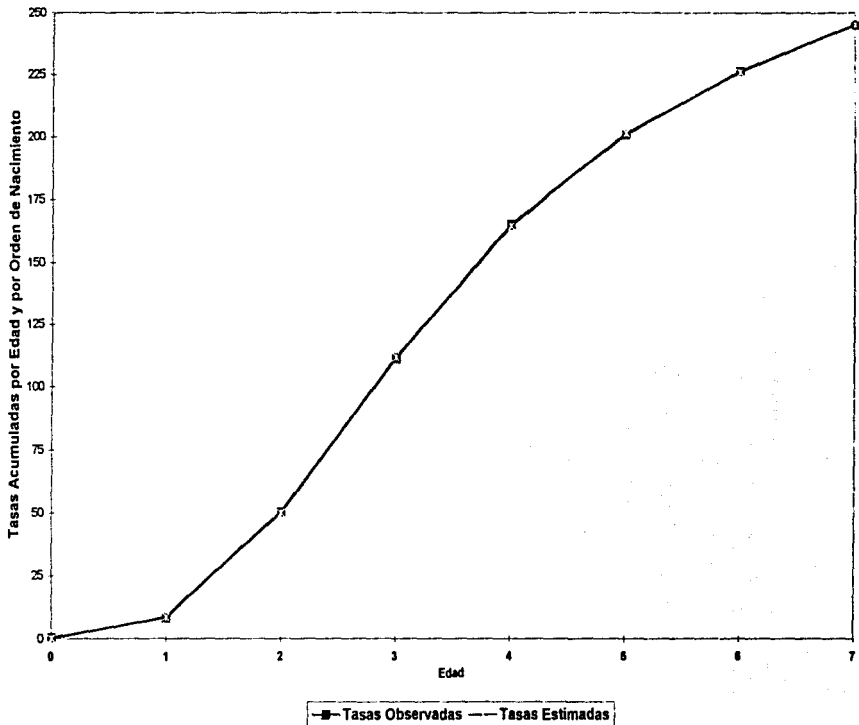
Gráfica No. 29

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a cuatro hijos nacidos vivos para la Región Centro Periférico de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



Gráfica No. 30

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a cinco hijos nacidos vivos para la Región Centro Periférico de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



4.2.7 Región Centro

Para esta región se consideraron los estados de Estado de México, Puebla y Morelos, así como al Distrito Federal. Los resultados correspondientes a las Tasas Específicas de Fecundidad por edad y orden de nacimiento, así como las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento se muestran en los cuadros 76 y 77.

Cuadro 76

| x | Tasa s Específicas de Fecundidad por edad y orden de nacimiento | | | | |
|---|---|---------|---------|---------|---------|
| | 1 Hijo | 2 Hijos | 3 Hijos | 4 Hijos | 5 Hijos |
| 0 | 76.33% | 19.43% | 2.92% | 0.89% | 0.43% |
| 1 | 47.96% | 33.19% | 13.26% | 4.33% | 1.27% |
| 2 | 26.50% | 34.80% | 22.75% | 10.94% | 5.01% |
| 3 | 15.40% | 30.67% | 28.13% | 16.49% | 9.31% |
| 4 | 11.46% | 26.07% | 28.69% | 20.31% | 13.47% |
| 5 | 11.09% | 22.74% | 26.65% | 22.16% | 17.36% |
| 6 | 11.97% | 19.85% | 24.14% | 23.46% | 20.56% |
| 7 | 13.48% | 18.89% | 22.16% | 23.50% | 21.97% |

Cuadro 77

| Edad | Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento | | | | |
|------|---|---------|---------|---------|---------|
| | 1 Hijo | 2 Hijos | 3 Hijos | 4 Hijos | 5 Hijos |
| 0 | 76.33% | 19.43% | 2.92% | 0.89% | 0.43% |
| 1 | 124.28% | 52.62% | 16.18% | 5.22% | 1.70% |
| 2 | 150.78% | 87.42% | 38.93% | 16.16% | 6.71% |
| 3 | 166.18% | 118.09% | 67.07% | 32.65% | 16.02% |
| 4 | 177.64% | 144.16% | 95.76% | 52.96% | 29.49% |
| 5 | 188.73% | 166.90% | 122.41% | 75.12% | 46.85% |
| 6 | 200.89% | 186.75% | 146.55% | 98.58% | 67.42% |
| 7 | 214.18% | 205.64% | 168.71% | 122.08% | 89.39% |

Con estos datos se determinaron los parámetros de la Función de Makeham que describirá la tendencia de las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento para esta región.

- Orden de Nacimiento igual a un hijo nacido vivo.

La primera Función de Makeham estimada fue:

$$y_x = 138.98750(1.06334)^x (0.53840)^{0.26040^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

La Función de Makeham que se obtiene después de aplicar el método correctivo a los valores de los parámetros fue la siguiente:

$$y_x = 140.72211(1.06143)^x (0.54162)^{0.26428^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Con estas funciones se calcularon los valores estimados para estas tasas :

Cuadro 78

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimadas |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0 | 76.325 | 74.831 | 76.218 |
| 1 | 124.282 | 126.567 | 124.705 |
| 2 | 150.779 | 151.170 | 150.342 |
| 3 | 166.178 | 165.492 | 165.670 |
| 4 | 177.638 | 177.262 | 177.797 |
| 5 | 188.727 | 188.834 | 189.331 |
| 6 | 200.693 | 200.888 | 201.153 |
| 7 | 214.178 | 213.637 | 213.569 |

Para la primera serie de estimaciones se obtiene un Coeficiente de Correlación de 0.99969704 y un e.r. de -0.009%, mientras que para la segunda el Coeficiente Correlación encontrado fue de 0.99994276 y el e.r. de -0.001% que indica que fue posible mejorar el ajuste de la función a través del método correctivo.

- Orden de Nacimiento igual a dos hijos nacidos vivos.

Para estimar los valores de este orden de nacimiento se obtuvo la siguiente función:

$$y_x = 116.20007(1.08759)^x (0.17093)^{0.80816^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Realizadas las correcciones a los parámetros de esta función, se encontró la siguiente:

$$y_x = 114.84270(1.08929)^x (0.17442)^{0.80422^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Los valores obtenidos con estas funciones fueron los siguientes:

Cuadro 79

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimadas |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0 | 19.432 | 19.862 | 20.031 |
| 1 | 52.620 | 51.503 | 51.861 |
| 2 | 87.418 | 87.105 | 87.412 |
| 3 | 118.087 | 118.561 | 118.661 |
| 4 | 144.155 | 144.517 | 144.427 |
| 5 | 166.898 | 166.549 | 166.377 |
| 6 | 186.752 | 186.549 | 186.419 |
| 7 | 205.638 | 205.947 | 205.974 |

Como primer resultado, para el coeficiente se obtuvo 0.99996623 y para el e.r. -0.041%, aplicado el método de corrección de parámetros, el Coeficiente de Correlación fue igual a 0.99996997 y el e.r. a 0.016%.

- Orden de Nacimiento igual a tres hijos nacidos vivos.

Para este orden, la primera Función de Makeham que se encontró fue la siguiente:

$$y_x = 85.05112(1.111033)^x (0.03628)^{0.6499x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Y la función calculada con el método de corrección de parámetros fue:

$$y_x = 92.48768(1.09904)^x (0.03863)^{0.6719x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Con lo anterior, se calcularon los valores estimados por estas funciones:

Cuadro 80

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimadas |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0 | 2.922 | 3.085 | 3.591 |
| 1 | 16.181 | 15.320 | 15.854 |
| 2 | 38.934 | 38.696 | 38.597 |
| 3 | 67.068 | 67.462 | 66.854 |
| 4 | 95.760 | 95.969 | 95.310 |
| 5 | 122.410 | 122.109 | 121.560 |
| 6 | 146.551 | 146.143 | 145.470 |
| 7 | 168.708 | 169.132 | 167.855 |

El Coeficientes de Correlación para la primera serie fue de 0.99997485 y el e.r. de -0.094%, mientras que para la serie obtenida después de aplicar el método de corrección fue de 0.99998888 y el e.r. de -0.523%.

- Orden de Nacimiento igual a cuatro hijos nacidos vivos.

La primera Función de Makeham que se calculó para describir el comportamiento de las Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de nacimiento igual a cuatro hijos nacidos vivos fue:

$$y_x = 43.33760(1.17453)^x(0.02022)^{0.84024x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Una vez obtenida esta función se aplicó el método correctivo que permitió definir la siguiente función:

$$y_x = 51.53453(1.16044)^x(0.01903)^{0.84624x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Con estas funciones se obtuvieron las siguientes estimaciones:

Cuadro B1

| x | Tasas Observadas | y _x 1era. Estimación | y _x Estimadas |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0 | 0.890 | 0.876 | 0.981 |
| 1 | 5.218 | 5.293 | 5.391 |
| 2 | 16.161 | 16.077 | 15.980 |
| 3 | 32.651 | 32.772 | 32.602 |
| 4 | 52.961 | 53.002 | 53.050 |
| 5 | 75.118 | 74.949 | 75.282 |
| 6 | 98.582 | 98.040 | 98.336 |
| 7 | 122.082 | 122.577 | 122.169 |

Los Coeficientes de Correlación reflejan el estado de la reproducción de los valores estimados, para la primera función el coeficiente fue de 0.99997888 y el e.r. de -0.019%, el cual mejoró con la segunda función; ya que el coeficiente calculado fue de 0.99999393 y el e.r. de 0.031% .

- Orden de Nacimiento igual a cinco hijos nacidos vivos.

En la primera estimación que se hizo para la Función de Makeham el resultado fue el siguiente:

$$y_x = 40.48439(1.16525)^x(0.00889)^{0.86601x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Para la segunda estimación la función fue:

$$y_x = 44.51699(1.15171)^x(0.00757)^{0.86415x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Con lo anterior, se calcularon los valores estimados por estas funciones:

Cuadro 82

| x | Tasas Observadas | Y _x 1era. Estimación | Y _x Estimadas |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 0 | 0.430 | 0.360 | 0.337 |
| 1 | 1.699 | 2.029 | 1.960 |
| 2 | 6.708 | 6.761 | 6.664 |
| 3 | 16.016 | 15.861 | 15.824 |
| 4 | 29.486 | 29.455 | 29.558 |
| 5 | 46.847 | 46.814 | 47.031 |
| 6 | 67.422 | 67.076 | 67.226 |
| 7 | 89.394 | 89.697 | 89.449 |

0.99997666 fue el primer Coeficiente de Correlación calculado y 0.020% el e.r., los cuales se mejoraron utilizando el método de corrección de parámetros, obteniendo un coeficiente de 0.99998710 y un e.r. de 0.018%.

En resumen, la estimación de las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacido vivo para la Región Centro se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro 83

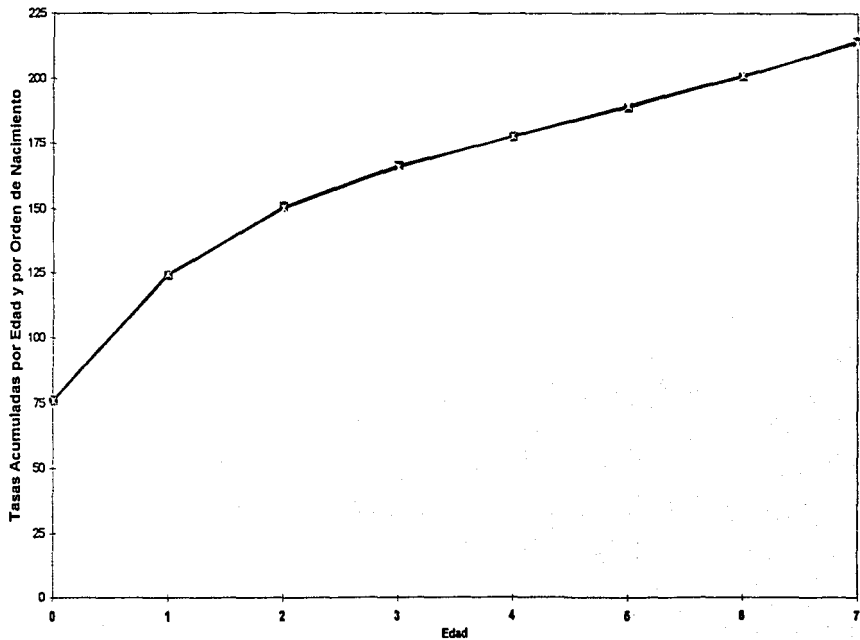
| Tasas Acumuladas por edad y orden de nacido | | | | | | | | | | |
|---|---------|----------------|-----------|----------------|------------|----------------|--------------|----------------|-------------|----------------|
| x | Un hijo | | Dos hijos | | Tres hijos | | Cuatro hijos | | Cinco hijos | |
| | Obs. | y _x | Obs. | y _x | Obs. | y _x | Obs. | y _x | Obs. | y _x |
| 0 | 76.325 | 76.218 | 19.432 | 20.031 | 2.922 | 3.085 | 0.890 | 0.981 | 0.430 | 0.337 |
| 1 | 124.282 | 124.705 | 52.620 | 51.861 | 16.181 | 15.320 | 5.218 | 5.391 | 1.699 | 1.960 |
| 2 | 150.779 | 150.342 | 87.418 | 87.412 | 38.934 | 38.696 | 16.161 | 15.980 | 6.708 | 6.664 |
| 3 | 166.178 | 165.670 | 118.087 | 118.661 | 67.068 | 67.462 | 32.651 | 32.602 | 16.016 | 15.824 |
| 4 | 177.638 | 177.797 | 144.155 | 144.427 | 95.760 | 95.969 | 52.961 | 53.050 | 29.486 | 29.558 |
| 5 | 188.727 | 189.331 | 186.898 | 166.377 | 122.410 | 122.109 | 75.118 | 75.282 | 46.847 | 47.031 |
| 6 | 200.693 | 201.153 | 186.752 | 186.419 | 146.551 | 146.143 | 98.582 | 98.336 | 67.422 | 67.226 |
| 7 | 214.178 | 213.569 | 205.638 | 205.974 | 168.708 | 169.132 | 122.082 | 122.169 | 89.394 | 89.449 |

La Función de Makeham, como puede notarse, reproduce satisfactoriamente los valores observados en la Región Centro de los Estados Unidos Mexicanos en cuanto a las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento; encontrándose nuevamente que es en las x's 0 y 1 donde se encuentran las diferencias más significativas entre los valores teóricos y los observados.

A continuación se muestra gráficamente los resultados anteriores.

Gráfica No. 31

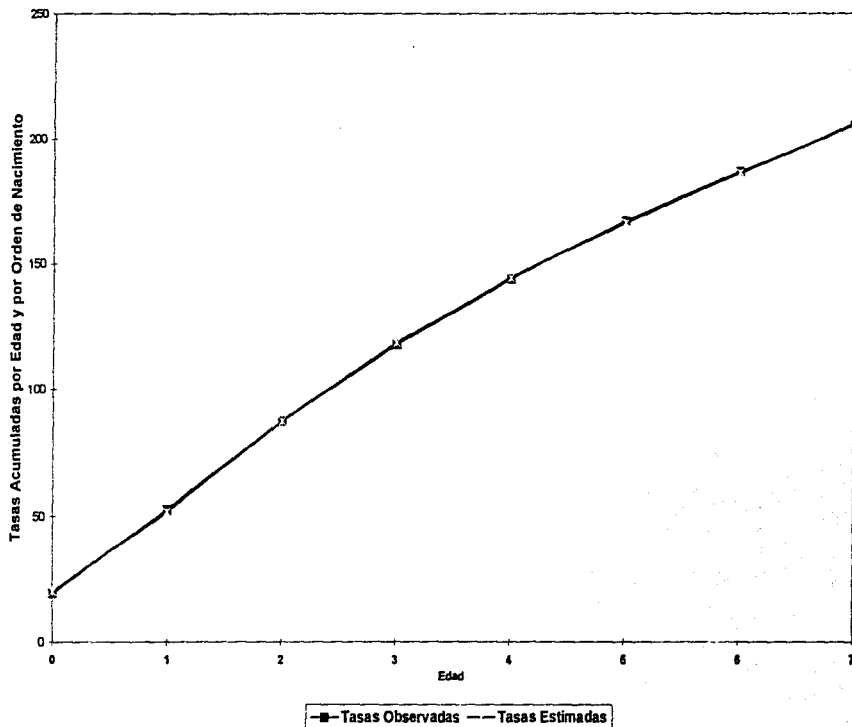
Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a un hijo nacido vivo para la Región Centro de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



—■— Tasas Observadas — Tasas Estimadas

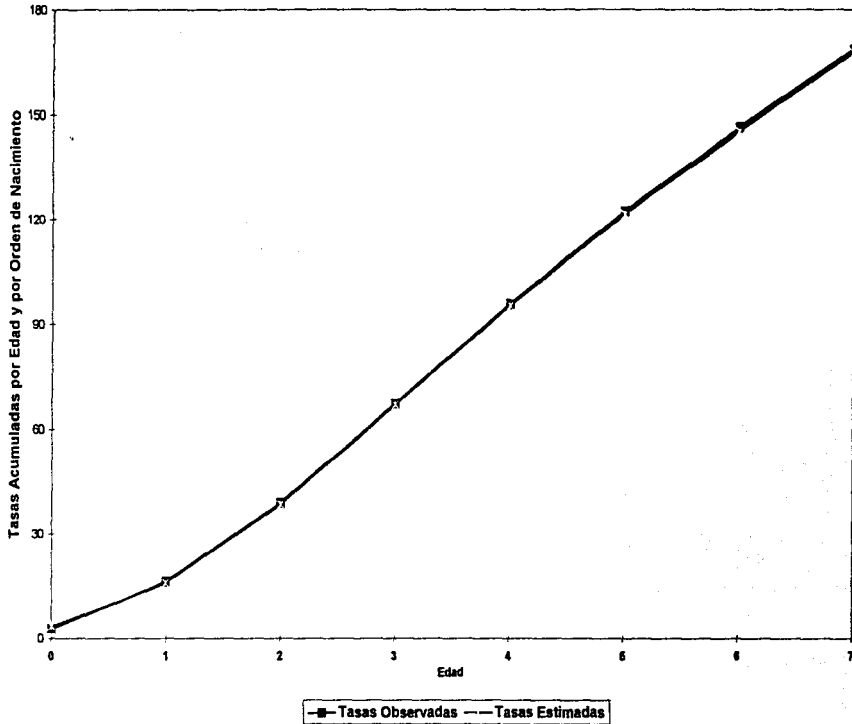
Gráfica No. 32

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a dos hijos nacidos vivos para la Región Centro de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



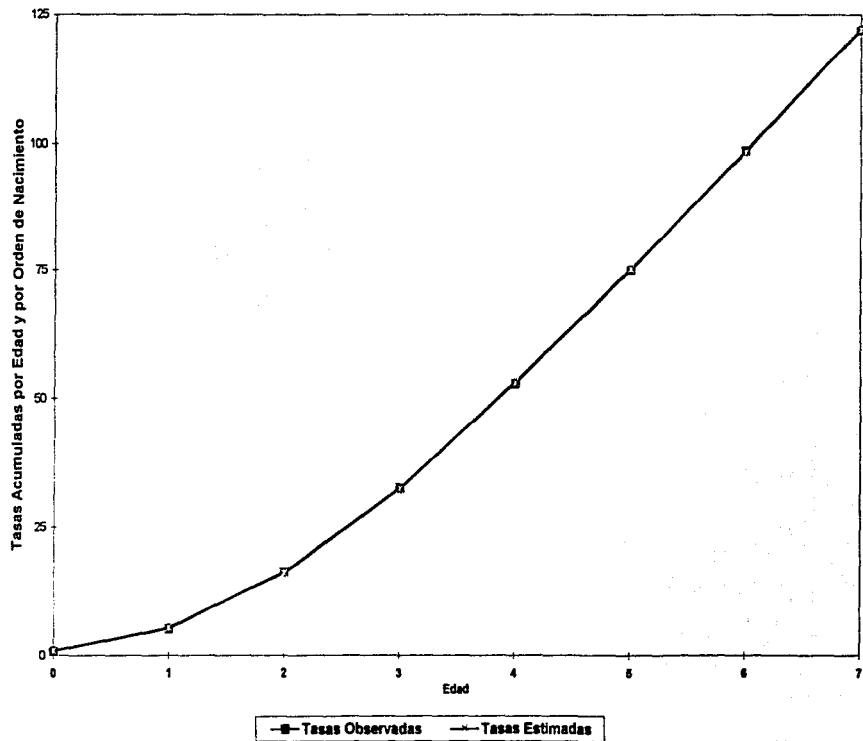
Gráfica No. 33

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a tres hijos nacidos vivos para la Región Centro de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



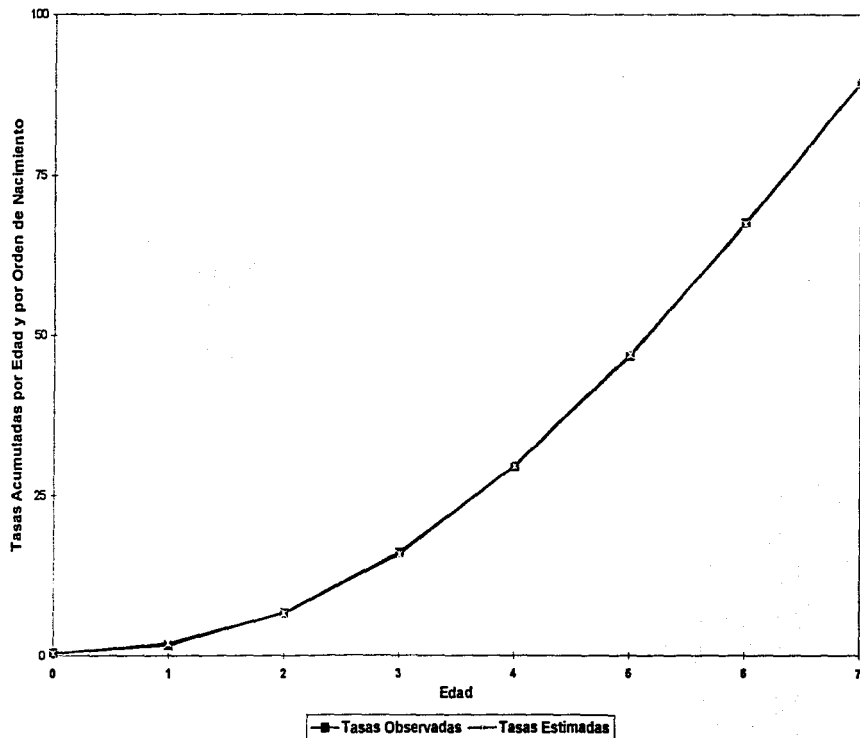
Gráfica No. 34

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a cuatro hijos nacidos vivos para la Región Centro de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



Gráfica No. 35

Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de Nacimiento igual a cinco hijos nacidos vivos para la Región Centro de los Estados Unidos Mexicanos en 1990.



4.3 Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento para los años 2000, 2005 y 2010.

Una de las razones en que se sustenta la importancia de poder describir matemáticamente un fenómeno demográfico determinado es la posibilidad de proyectar los resultados obtenidos de tal manera que se esté en condiciones de predecir el comportamiento de dicho fenómeno.

Una vez comprobado que la Función de Makeham representa una herramienta eficaz en la reproducción de los valores de las Tasas Acumuladas por edad de la madre y orden de nacimiento a nivel regional y nacional para los Estados Unidos Mexicanos en 1990 por grupos quinquenales de edad; se propone la realización de una proyección de estas tasas para los años 2000, 2005 y 2010.

Para lograr esta proyección correspondiente a los años 2000, 2005 y 2010, se convino en disminuir el parámetro K de las diferentes Funciones de Makeham que se calcularon para reproducir los valores de las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento en 1990. Dicha disminución al parámetro K fue del 5%, 7.5% y 10% respectivamente; lo anterior debido a que es este parámetro el que determina en gran medida el aumento o disminución de los valores proyectados. Mientras que los parámetros a, b y de se mantuvieron fijos.

Si bien es cierto que al realizar de esta manera la proyección se deja a un lado una serie de factores importantes, podemos establecer que los programas de salud y las campañas de control natal influyen de manera determinante para poder asegurar que las Tasa Acumuladas por edad y orden de nacimiento con el paso del tiempo disminuyen justificando en gran medida la propuesta de disminuir el parámetro K de la Función de Makeham como se mencionó anteriormente.

Una vez definida la manera de realizar el cálculo de las proyecciones a continuación se presentan los resultados obtenidos, tanto para los Estados Unidos Mexicanos como para las siete regiones definidas, de las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento para los años 2000, 2005 y 2010. Es necesario aclarar que se han considerado como Tasas Acumuladas para 1990 las tasas obtenidas a través de las Funciones de Makeham.

4.3.1 Estados Unidos Mexicanos.

De acuerdo con el objetivo de proponer una proyección de las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimientos para los Estados Unidos Mexicanos en el 2000, 2005 y 2010, se realizaron los ajustes necesarios a las Funciones de Makeham para obtener las nuevas funciones que calculan dichas proyecciones. Estas funciones son las siguientes:

- Orden de Nacimiento igual a un hijo nacido vivo.

En 1990

$$y_x = 130.56678(1.06434)^x(0.56934)^{0.25823^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 124.03844(1.06434)^x(0.56934)^{0.25823^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 114.73556(1.06434)^x(0.56934)^{0.25823^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 103.26200(1.08722)^x(0.37191)^{0.25229^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Los valores estimados para las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento igual a un hijo obtenidos a partir de estas funciones fueron los siguientes:

Cuadro 1

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 74.3329 | 70.6201 | 65.3236 | 58.7912 |
| 1 | 120.1811 | 114.1470 | 105.5860 | 95.0274 |
| 2 | 142.4660 | 135.3323 | 125.1824 | 112.6642 |
| 3 | 155.8039 | 148.1088 | 137.0006 | 123.3006 |
| 4 | 167.1299 | 158.7759 | 146.8677 | 132.1809 |
| 5 | 178.2156 | 169.3052 | 156.6073 | 140.8466 |
| 6 | 189.7767 | 180.2842 | 166.7629 | 150.0866 |
| 7 | 202.0166 | 191.9069 | 177.5138 | 159.7625 |

- Orden de Nacimiento igual a dos hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 100.39073(1.09758)^x(0.20742)^{0.46539x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 95.37119(1.09758)^x(0.20742)^{0.46539x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 88.21835(1.09758)^x(0.20742)^{0.46539x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 79.39652(1.09758)^x(0.20742)^{0.46539x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Con las funciones anteriores se estimaron las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento igual a dos hijos nacidos vivos, los valores fueron los siguientes:

Cuadro 2

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 20.8231 | 19.7819 | 18.2883 | 16.4685 |
| 1 | 52.0906 | 50.3411 | 46.5655 | 41.8090 |
| 2 | 86.0208 | 81.7197 | 75.5908 | 68.0317 |
| 3 | 113.2767 | 107.6129 | 99.5419 | 89.5877 |
| 4 | 135.3285 | 128.5621 | 118.9199 | 107.0279 |
| 5 | 154.5102 | 146.7847 | 135.7759 | 122.1983 |
| 6 | 172.7293 | 164.0929 | 151.7859 | 136.6073 |
| 7 | 191.2108 | 181.6502 | 168.0264 | 151.2238 |

- Orden de Nacimiento igual a tres hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 92.81219(1.09735)^x(0.04517)^{0.56156x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 88.17158(1.09735)^x(0.04517)^{0.56156x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 81.55872(1.09735)^x(0.04517)^{0.56156x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 73.40284(1.09735)^x(0.04517)^{0.56156x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Los valores proyectados para este orden de nacimiento fueron:

Cuadro 3

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 4.1922 | 3.9826 | 3.6839 | 3.3155 |
| 1 | 17.8872 | 16.9928 | 15.7184 | 14.1485 |
| 2 | 42.0801 | 39.9781 | 36.9779 | 33.2801 |
| 3 | 70.8614 | 67.3183 | 62.2694 | 56.0425 |
| 4 | 98.9010 | 93.9559 | 86.9092 | 78.2183 |
| 5 | 124.2224 | 118.0113 | 109.1605 | 98.2444 |
| 6 | 147.0564 | 139.7035 | 129.2258 | 116.3032 |
| 7 | 168.3939 | 159.9743 | 147.9782 | 133.1786 |

- Orden de Nacimiento igual a cuatro hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 61.55450(1.13343)^x(0.01940)^{0.59/30^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 58.47678(1.13343)^x(0.01940)^{0.59/30^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 54.09102(1.13343)^x(0.01940)^{0.59/30^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 48.88192(1.13343)^x(0.01940)^{0.59/30^x} \quad \text{para toda } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En este orden de nacimiento los valores obtenidos para las proyecciones de los años 2000, 2005 y 2010 fueron los siguientes:

Cuadro 4

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 1.0437 | 1.1343 | 1.0492 | 0.9443 |
| 1 | 6.4659 | 6.2900 | 5.8182 | 5.2364 |
| 2 | 19.4821 | 18.4034 | 17.0231 | 15.3208 |
| 3 | 38.9121 | 36.7529 | 33.9984 | 30.5968 |
| 4 | 61.4732 | 58.4282 | 54.0481 | 48.6414 |
| 5 | 84.9556 | 81.0554 | 74.9763 | 67.4786 |
| 6 | 108.7829 | 103.6571 | 95.8828 | 86.2945 |
| 7 | 133.3608 | 126.2716 | 116.8013 | 105.1211 |

- Orden de Nacimiento igual a cinco hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 45.39843(1.15336)^x(0.00779)^{0.83535x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 45.02851(1.15336)^x(0.00779)^{0.83535x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 41.65137(1.15336)^x(0.00779)^{0.83535x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 37.48623(1.15336)^x(0.00779)^{0.83535x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Estas Funciones de Makeham describe el comportamiento de las Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de nacimiento igual a 5 hijos nacidos vivos para los años proyectados, y los valores que se obtuvieron fueron los siguientes:

Cuadro 5

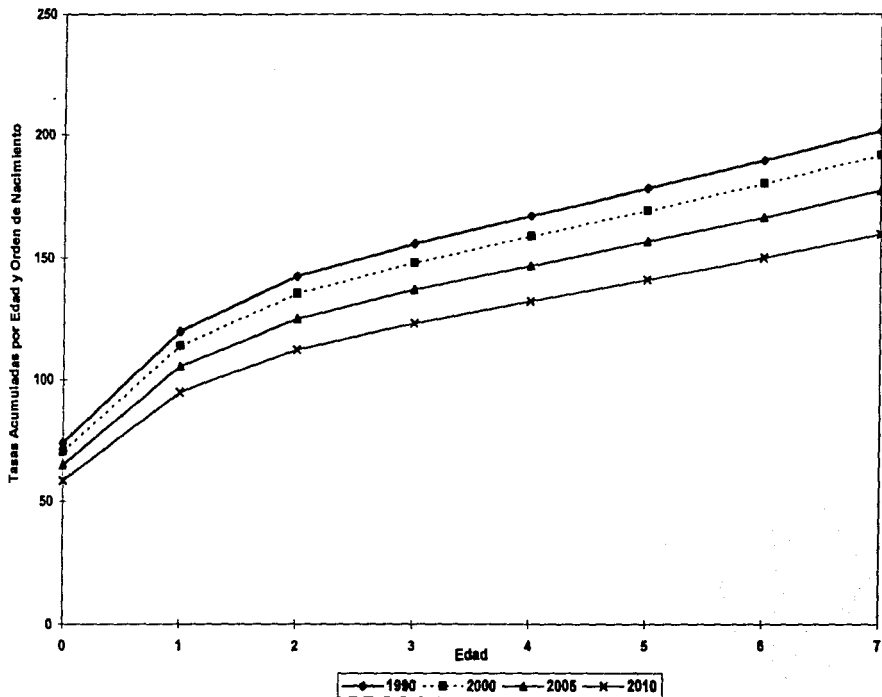
| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|---------|---------|---------|
| 0 | 0.3694 | 0.3510 | 0.3248 | 0.2922 |
| 1 | 2.5019 | 2.3768 | 2.1985 | 1.9787 |
| 2 | 8.8852 | 8.4409 | 7.8078 | 7.0271 |
| 3 | 20.9389 | 19.8920 | 18.4001 | 16.5601 |
| 4 | 38.0263 | 36.1249 | 33.4156 | 30.0740 |
| 5 | 58.5216 | 55.5956 | 51.4259 | 46.2833 |
| 6 | 81.0719 | 77.0183 | 71.2419 | 64.1177 |
| 7 | 105.0513 | 99.7987 | 92.3138 | 83.0824 |

Como puede observarse, la Función de Makeham puede constituir una instrumento adecuado para obtener las descripciones de un fenómeno como lo es la fecundidad a través de Tasas Acumuladas. Las proyecciones que se proponen para la República Mexicana para los años 2000, 2005 y 2010, representan un ejemplo de la utilidad de esta función en casos prácticos dentro del área de Demografía.

A continuación se muestra gráficamente los resultados obtenidos en cada proyección.

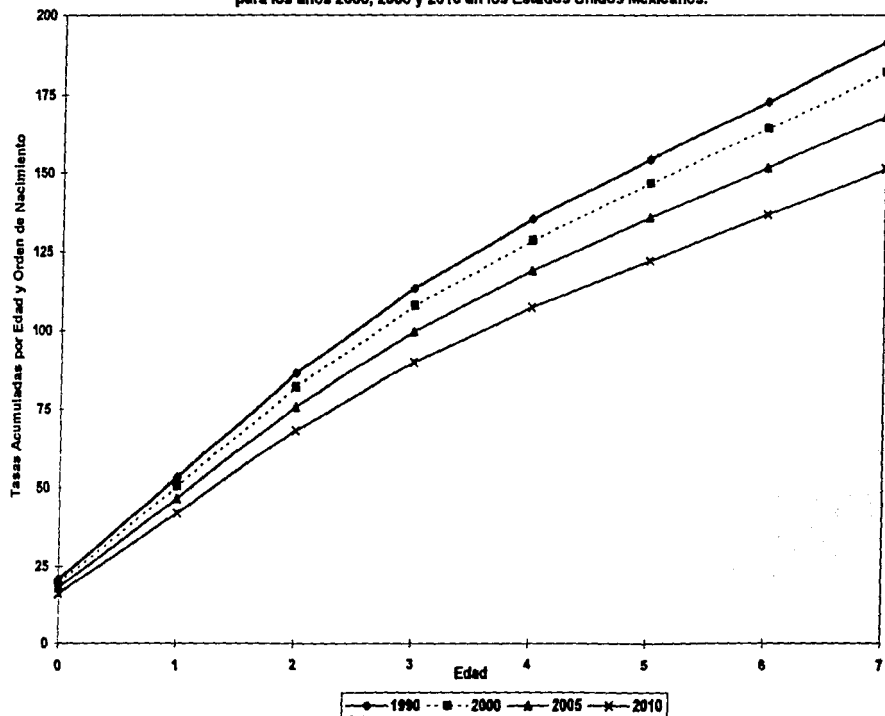
Gráfica No. 1

Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a uno para los años 2000, 2005 y 2010 en los Estados Unidos Mexicanos.



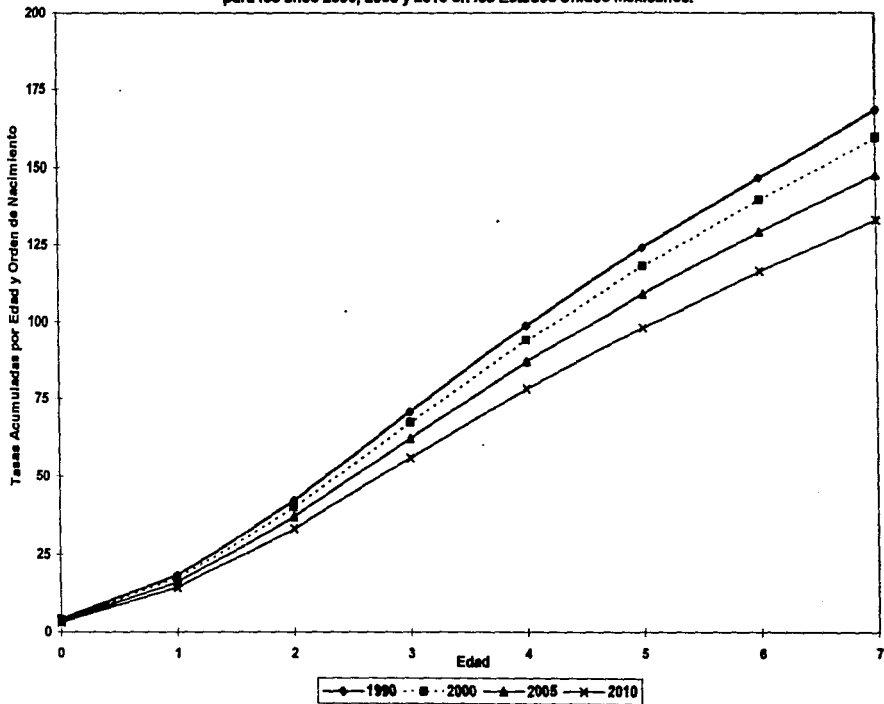
Gráfica No. 2

Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a dos para los años 2000, 2005 y 2010 en los Estados Unidos Mexicanos.



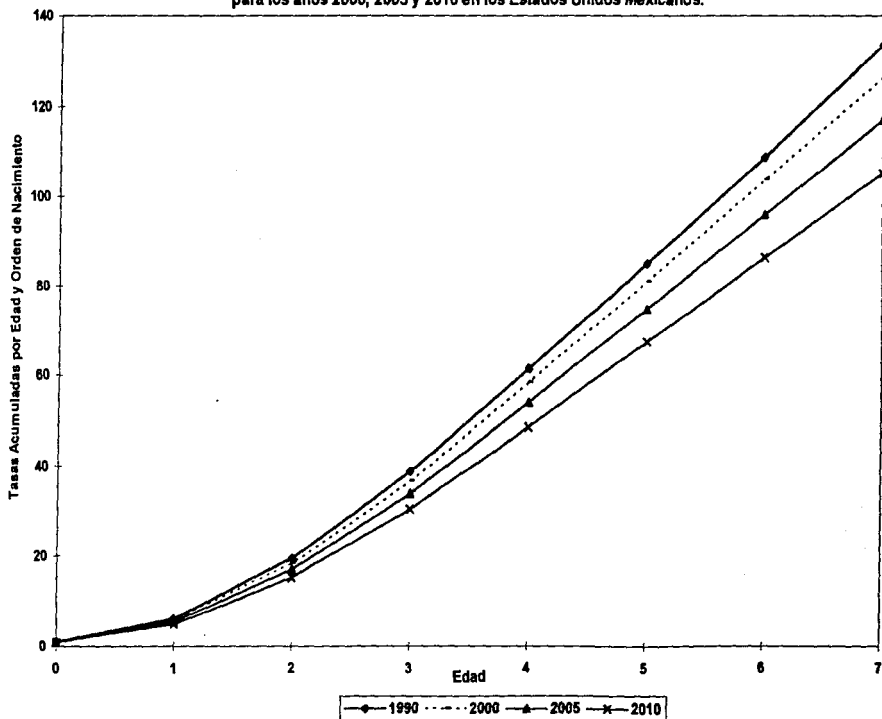
Gráfica No. 3

Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a tres para los años 2000, 2005 y 2010 en los Estados Unidos Mexicanos.



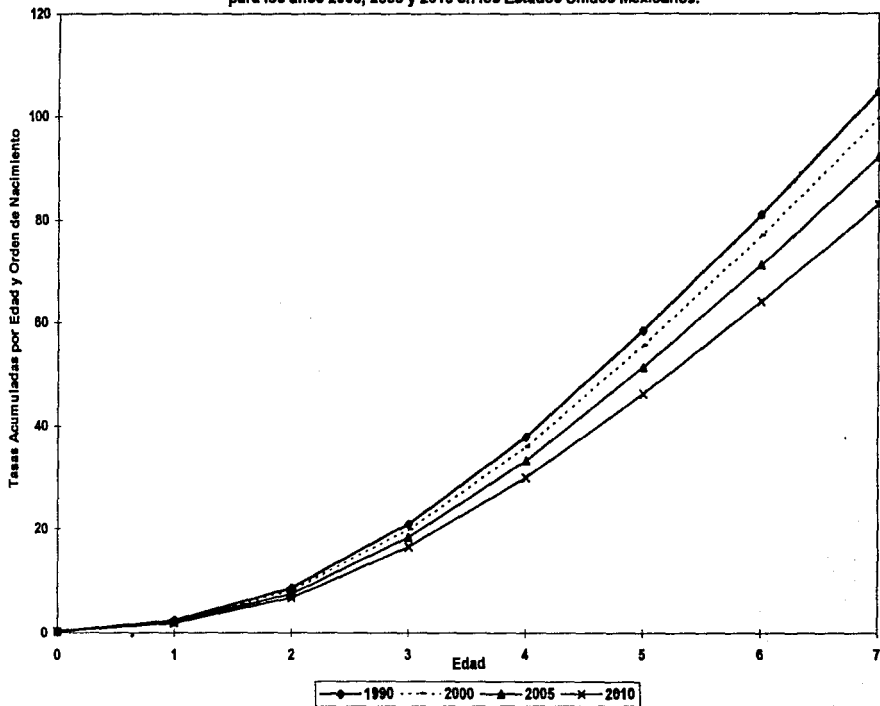
Gráfica No. 4

Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a cuatro para los años 2000, 2005 y 2010 en los Estados Unidos Mexicanos.



Gráfica No. 5

Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a cinco para los años 2000, 2005 y 2010 en los Estados Unidos Mexicanos.



Los siguientes resultados corresponden a las proyecciones calculadas para las diferentes regiones definidas en el presente trabajo para la República Mexicana; de igual forma que se presentaron a nivel nacional, para cada una de las regiones se muestran las funciones de Makeham ajustadas para obtener los valores proyectados para los años 2000, 2005 y 2010, así como las gráficas correspondientes.

4.3.2 Región Norte.

- Orden de Nacimiento igual a un hijo nacido vivo.

En 1990

$$y_x = 146.86088(1.05469)^x(0.54068)^{0.25236^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 139.32784(1.05469)^x(0.54068)^{0.25236^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 128.87825(1.05469)^x(0.54068)^{0.25236^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 115.99043(1.05469)^x(0.54068)^{0.25236^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Para este orden de nacidos vivos, las proyecciones de los valores de las Tasas Acumuladas obtenidos a partir de estas funciones fueron los siguientes:

Cuadro 6

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 79.2971 | 75.3322 | 69.6823 | 62.7141 |
| 1 | 132.4485 | 125.8242 | 116.3874 | 104.7486 |
| 2 | 156.8763 | 149.0325 | 137.8550 | 124.0695 |
| 3 | 170.3734 | 161.8547 | 149.7156 | 134.7440 |
| 4 | 181.0249 | 171.9737 | 159.0756 | 143.1681 |
| 5 | 191.2825 | 181.7184 | 168.0895 | 151.2806 |
| 6 | 201.8397 | 191.7477 | 177.3666 | 159.8300 |
| 7 | 212.9046 | 202.2594 | 187.0899 | 168.3809 |

- Orden de Nacimiento igual a dos hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 102.84192(1.08918)^x(0.16258)^{0.44604x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 97.69982(1.08918)^x(0.16258)^{0.44604x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 90.37234(1.08918)^x(0.16258)^{0.44604x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 81.33510(1.08918)^x(0.16258)^{0.44604x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Con estas funciones fue posible estimar las Tasas Acumuladas por edad para este orden de nacimiento, por lo que los valores estimados fueron los siguientes:

Cuadro 7

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 16.7198 | 15.8838 | 14.6925 | 13.2233 |
| 1 | 49.8165 | 47.3257 | 43.7763 | 39.3987 |
| 2 | 84.9988 | 80.7489 | 74.69277 | 67.2234 |
| 3 | 113.1004 | 107.4454 | 99.3870 | 89.4483 |
| 4 | 134.6941 | 127.9594 | 118.3625 | 106.5262 |
| 5 | 152.6683 | 145.0349 | 134.1573 | 120.7415 |
| 6 | 169.2646 | 160.8014 | 148.7413 | 133.8672 |
| 7 | 185.8272 | 176.5359 | 163.2957 | 146.9661 |

- Orden de Nacimiento igual a tres hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 104.97725(1.08117)^x(0.02290)^{0.55947x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 99.72839(1.08117)^x(0.02290)^{0.55947x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 92.24876(1.08117)^x(0.02290)^{0.55947x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 83.02388(1.08117)^x(0.02290)^{0.55947x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Una vez calculados estas funciones, se estimaron los valores correspondientes:

Cuadro 8

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 2.4044 | 2.2842 | 2.1129 | 1.9016 |
| 1 | 13.7216 | 13.0356 | 12.0579 | 10.8521 |
| 2 | 37.6288 | 35.7474 | 33.0663 | 29.7597 |
| 3 | 68.4800 | 65.0560 | 60.1768 | 54.1591 |
| 4 | 99.0789 | 94.1249 | 87.0656 | 78.3590 |
| 5 | 126.0842 | 119.7800 | 110.7965 | 99.7168 |
| 6 | 149.3333 | 141.8666 | 131.2266 | 118.1039 |
| 7 | 169.9050 | 161.4098 | 149.3040 | 134.3736 |

- Orden de Nacimiento igual a cuatro hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 76.6588(1.10265)^x(0.00683)^{0.91877^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 74.72588(1.10265)^x(0.00683)^{0.91877^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 69.12144(1.10265)^x(0.00683)^{0.91877^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 62.20929(1.10265)^x(0.00683)^{0.91877^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Considerando estas funciones se calcularon los valores para las Tasas Acumuladas por edad:

Cuadro 9

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 0.5369 | 0.5101 | 0.4718 | 0.4246 |
| 1 | 3.9830 | 3.7649 | 3.4825 | 3.1343 |
| 2 | 14.1700 | 13.4615 | 12.4519 | 11.2067 |
| 3 | 32.3548 | 30.7371 | 28.4318 | 25.5886 |
| 4 | 55.9744 | 53.1757 | 49.1875 | 44.2688 |
| 5 | 81.5579 | 77.4800 | 71.6690 | 64.5021 |
| 6 | 106.8559 | 101.5131 | 93.8997 | 84.5097 |
| 7 | 131.0927 | 124.5380 | 115.1977 | 103.6780 |

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

- Orden de Nacimiento igual a cinco hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 48778.83410(0.66227)^x(0.00001)^{0.83313} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 46339.8924(0.66227)^x(0.00001)^{0.83313} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 42864.4004(0.66227)^x(0.00001)^{0.83313} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 38577.96042(1.15914)^x(0.00560)^{0.81438} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Estas Funciones de Makeham describe el comportamiento de las Tasas Acumuladas por Edad y por Orden de nacimiento igual a 5 hijos nacidos vivos para los años proyectados, y los valores que se obtuvieron fueron los siguientes:

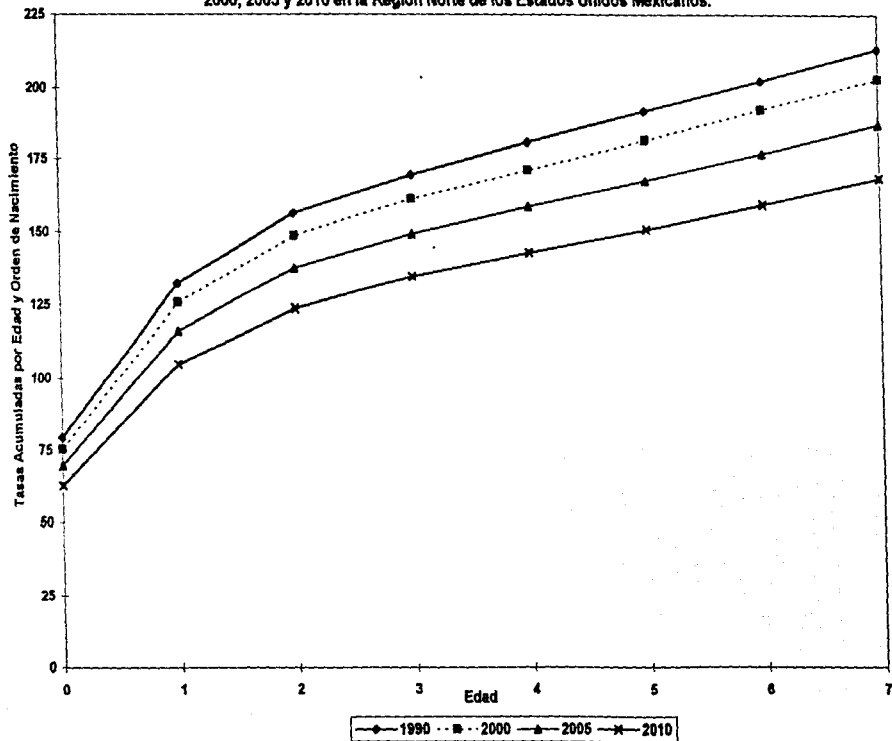
Cuadro 10

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|---------|---------|---------|---------|
| 0 | 0.3094 | 0.2939 | 0.2719 | 0.2447 |
| 1 | 1.5097 | 1.4342 | 1.3266 | 1.1940 |
| 2 | 5.2789 | 5.0150 | 4.6388 | 4.1750 |
| 3 | 13.9836 | 13.2844 | 12.2881 | 11.0593 |
| 4 | 29.3921 | 27.9225 | 25.8283 | 23.2455 |
| 5 | 50.9499 | 48.4024 | 44.7722 | 40.2950 |
| 6 | 75.2182 | 71.4573 | 66.0980 | 59.4882 |
| 7 | 97.1419 | 92.2848 | 85.3635 | 76.6271 |

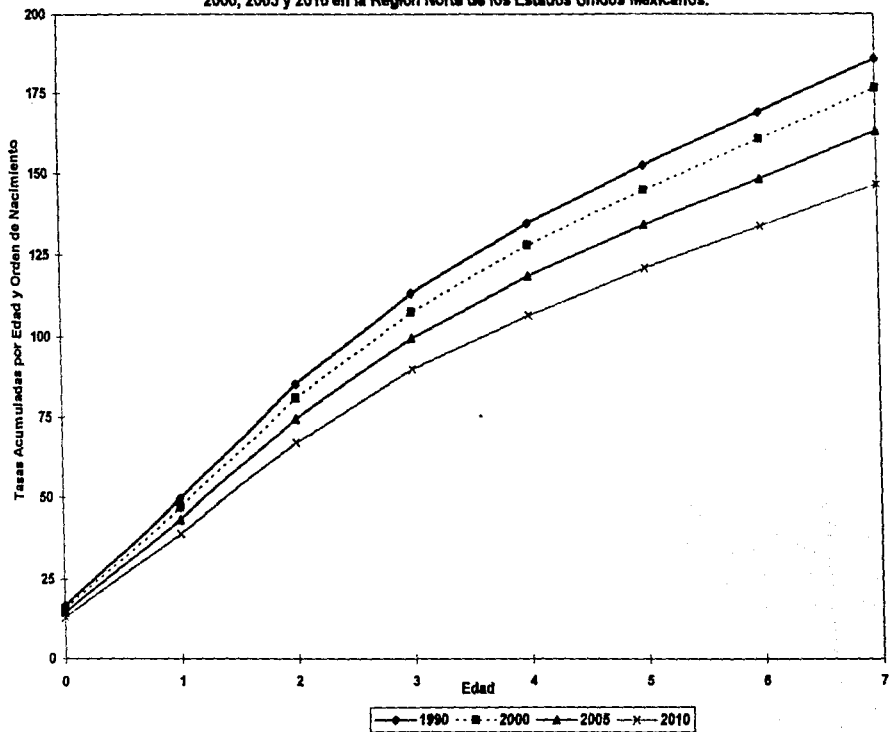
Es así como a través de la Función de Makeham se proyectaron los valores de las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento para la Región Norte. Como podrá apreciarse el variar el parámetro K permite proponer las anteriores estimaciones, cuyo empleo puede ser de gran utilidad en la planeación de largo plazo de las poblaciones que integran esta región.

De forma gráfica es posible observar los resultados anteriores, como a continuación se muestra.

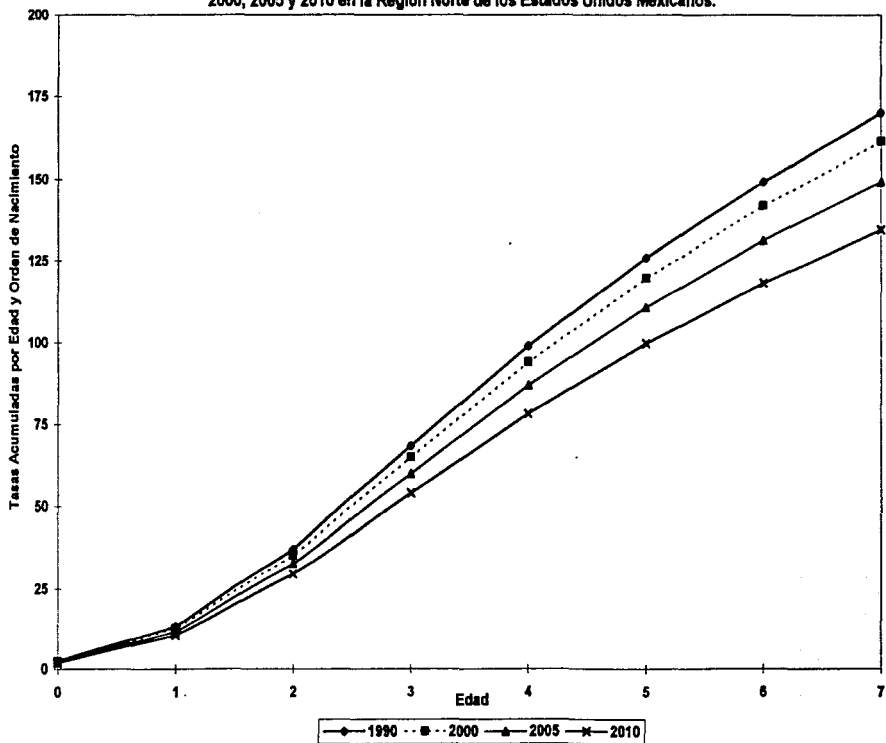
Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a uno para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Norte de los Estados Unidos Mexicanos.



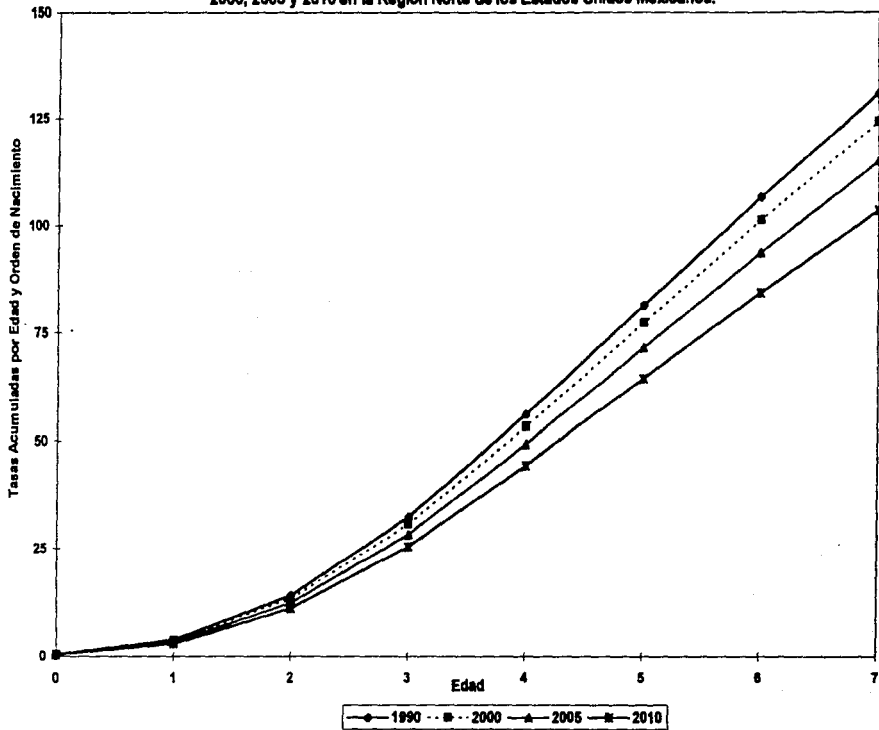
Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a dos para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Norte de los Estados Unidos Mexicanos.



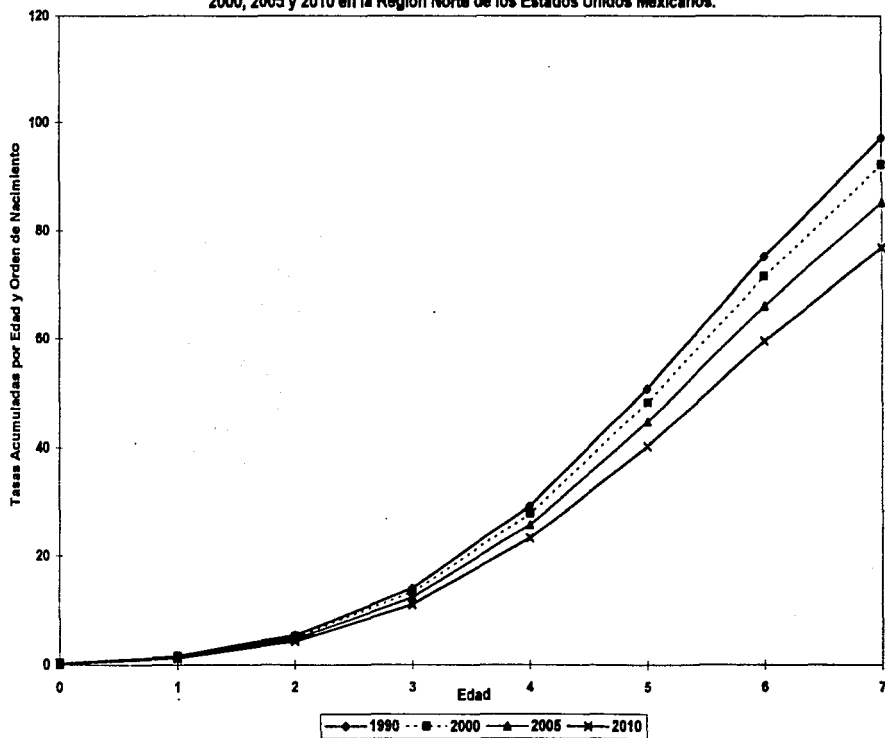
Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a tres para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Norte de los Estados Unidos Mexicanos.



Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a cuatro para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Norte de los Estados Unidos Mexicanos.



Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a cinco para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Norte de los Estados Unidos Mexicanos.



4.3.3 Región Pacífico Norte.

- Orden de Nacimiento igual a un hijo nacido vivo.

En 1990

$$y_x = 135.32557(1.05734)^x(0.57566)^{0.209/2^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 128.55930(1.05734)^x(0.57566)^{0.209/2^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 118.91735(1.05734)^x(0.57566)^{0.209/2^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 107.02561(1.05734)^x(0.57566)^{0.209/2^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Una vez calculadas las funciones que pueden proporcionar la estimación a los años ya citados, se obtuvieron las tasas correspondientes:

Cuadro 11

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 78.8525 | 74.0059 | 68.4555 | 61.6099 |
| 1 | 130.6967 | 121.0657 | 111.9857 | 100.7872 |
| 2 | 150.9768 | 140.2771 | 129.7563 | 116.7807 |
| 3 | 161.3767 | 151.1955 | 139.8558 | 125.8702 |
| 4 | 169.8259 | 160.5103 | 148.4720 | 133.6248 |
| 5 | 178.1593 | 169.8578 | 157.1184 | 141.4066 |
| 6 | 186.7843 | 179.6297 | 166.1575 | 149.5417 |
| 7 | 195.6022 | 189.9372 | 175.6920 | 158.1228 |

- Orden de Nacimiento igual a dos hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 89.00748(1.09852)^x(0.19430)^{0.39000^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 84.55710(1.09852)^x(0.19430)^{0.39000^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 78.21532(1.09852)^x(0.19430)^{0.39000^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 70.39379(1.09852)^x(0.19430)^{0.39000^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Estas cuatro funciones permitieron estimar las proyecciones para los años 2000, 2005 y 2010, por lo que los valores calculados fueron:

Cuadro 12

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 17.2944 | 16.4297 | 15.1974 | 13.6777 |
| 1 | 51.6104 | 49.0299 | 45.3526 | 40.8174 |
| 2 | 83.7173 | 79.5314 | 73.5668 | 66.2099 |
| 3 | 107.0627 | 101.7096 | 94.0814 | 84.6732 |
| 4 | 124.7934 | 118.5537 | 109.6622 | 98.6960 |
| 5 | 140.2941 | 133.2794 | 123.2834 | 110.9551 |
| 6 | 155.5113 | 147.7358 | 136.6556 | 122.9900 |
| 7 | 171.4336 | 162.8619 | 150.6473 | 135.5625 |

- Orden de Nacimiento igual a tres hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 89.36622(1.09717)^x(0.02935)^{0.5229x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 84.89791(1.09717)^x(0.02935)^{0.5229x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 78.53056(1.09717)^x(0.02935)^{0.5229x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 70.67751(1.09717)^x(0.02935)^{0.5229x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Con las funciones anteriores se estimaron los valores correspondientes a las Tasas Acumuladas por edad para el orden de nacidos vivos igual a tres, siendo los resultados los siguientes:

Cuadro 13

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 2.6229 | 2.4917 | 2.3049 | 2.0744 |
| 1 | 15.4891 | 14.7146 | 13.6110 | 12.2499 |
| 2 | 40.9815 | 38.9324 | 36.0125 | 32.4112 |
| 3 | 71.2514 | 67.6888 | 62.6122 | 56.3510 |
| 4 | 99.4556 | 94.4828 | 87.3968 | 78.6569 |
| 5 | 123.7820 | 117.5739 | 108.7550 | 97.8803 |
| 6 | 145.0309 | 137.7793 | 127.4460 | 114.7013 |
| 7 | 164.6991 | 156.4642 | 144.7294 | 130.2564 |

- Orden de Nacimiento igual a cuatro hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 86.92789(1.09376)^x(0.00757)^{0.59/22^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 82.58147(1.09376)^x(0.00757)^{0.59/22^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 76.38786(1.10265)^x(0.00683)^{0.518/22^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 68.74908(1.09376)^x(0.00757)^{0.59/22^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Las Tasas Acumuladas por edad estimadas para este orden de nacidos vivos fueron las siguientes:

Cuadro 14

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 0.6581 | 0.8252 | 0.5783 | 0.5205 |
| 1 | 5.1456 | 4.8883 | 4.5217 | 4.0695 |
| 2 | 18.2193 | 17.3084 | 16.0103 | 14.4092 |
| 3 | 40.1924 | 38.1828 | 35.3191 | 31.7872 |
| 4 | 66.8397 | 63.4977 | 58.7354 | 52.8818 |
| 5 | 93.8929 | 89.1983 | 82.5084 | 74.2576 |
| 6 | 119.2503 | 113.2878 | 104.7912 | 94.3121 |
| 7 | 142.6082 | 135.4778 | 125.3170 | 112.7853 |

- Orden de Nacimiento igual a cinco hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 68439.56545(0.63846)^x(0.00001)^{0.83053^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 63306.59804(0.63846)^x(0.00001)^{0.83053^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 56975.93824(0.63846)^x(0.00001)^{0.83053^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 49853.94596(0.63846)^x(0.00001)^{0.83053^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Las Funciones de Makeham anteriores describen el comportamiento de las Tasas Acumuladas por Edad para este orden de nacimiento, con ellas se calcularon los siguientes valores:

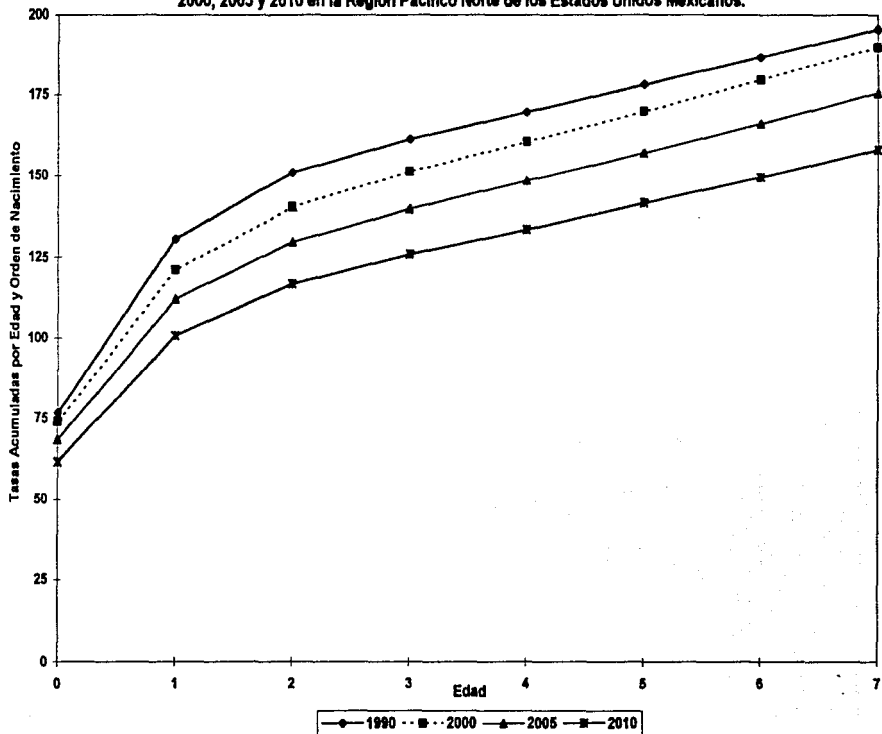
Cuadro 15

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|---------|---------|
| 0 | 0.4850 | 0.4486 | 0.4037 | 0.3533 |
| 1 | 2.3097 | 2.1365 | 1.9229 | 1.6825 |
| 2 | 7.8256 | 7.2387 | 6.5148 | 5.7005 |
| 3 | 19.9819 | 18.4832 | 16.6349 | 14.5556 |
| 4 | 40.3397 | 37.3142 | 33.5828 | 29.3849 |
| 5 | 67.0034 | 61.9781 | 55.7803 | 48.8078 |
| 6 | 94.6434 | 87.5451 | 78.7906 | 68.9418 |
| 7 | 116.8526 | 108.0886 | 97.2798 | 85.1198 |

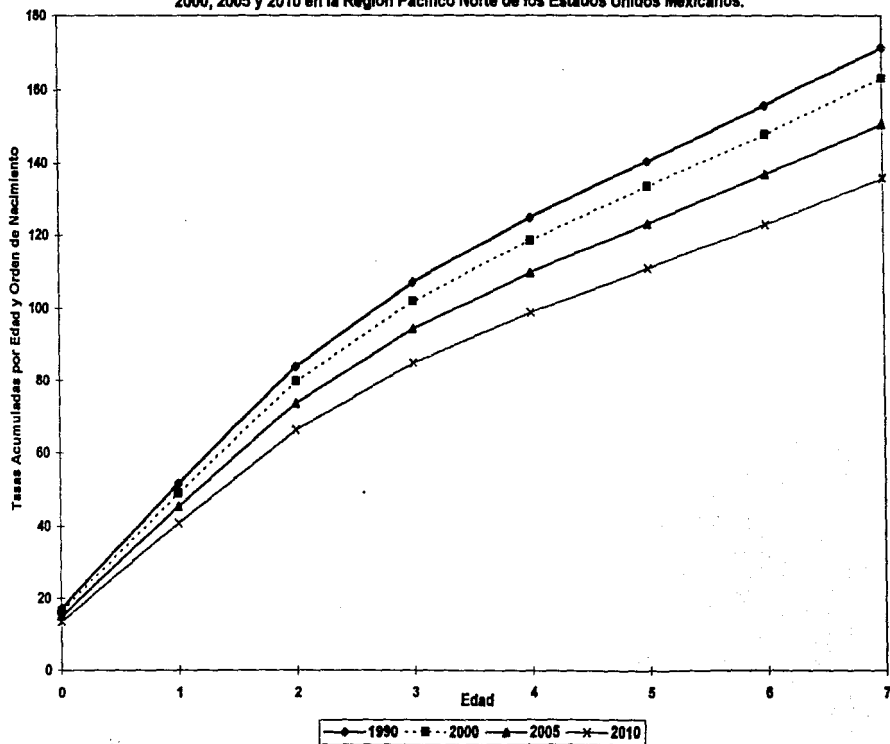
Tanto la Región Norte como la Región Pacífico Norte, presentan una característica muy particular, como ya se había comentado en el inciso c) de este apartado: las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento igual a 5 hijos nacidos vivos presentan un valor del parámetro K bastante grande en comparación a los valores encontrados en los otros órdenes.

De acuerdo al proceso seguido para calcular las proyecciones anteriores, el parámetro K se modifica pero mantiene un alto valor, lo que asegura que las proyecciones sean las esperadas. Estos resultados se presentan, a continuación en forma gráfica.

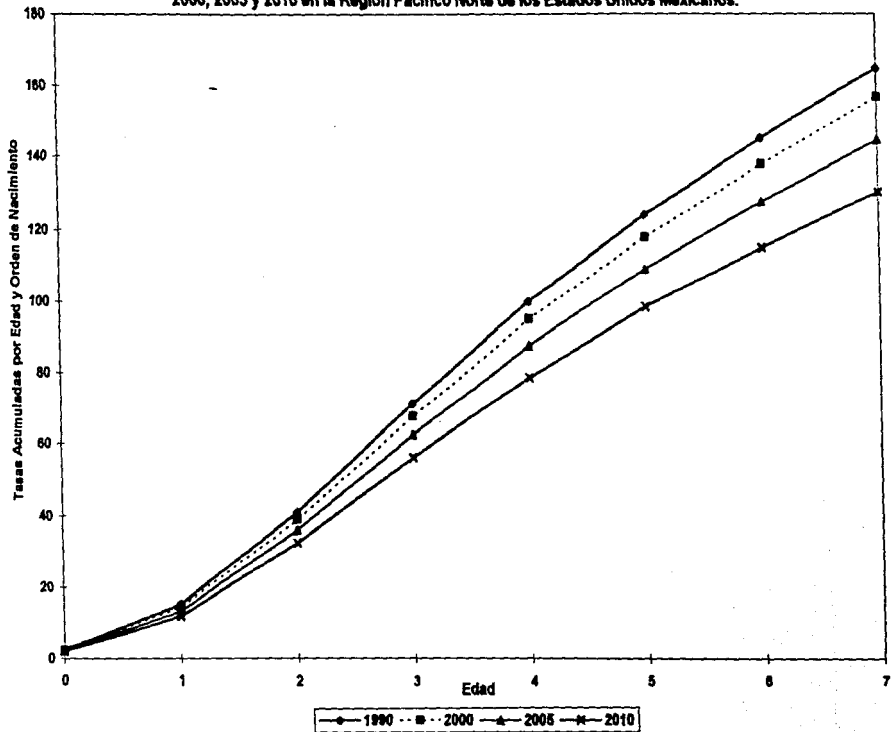
Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a uno para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Pacífico Norte de los Estados Unidos Mexicanos.



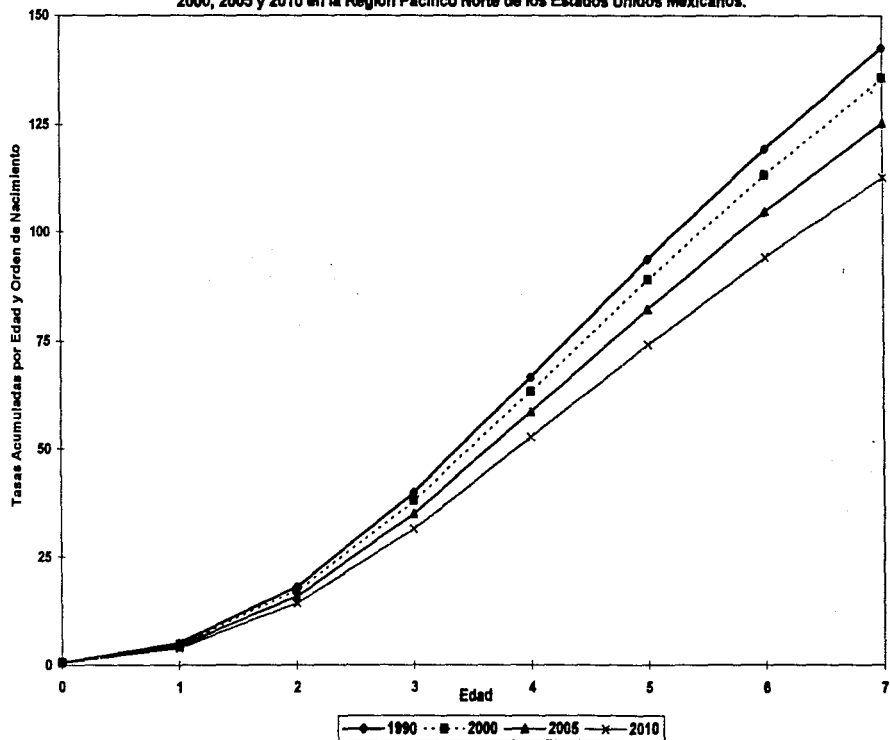
Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a dos para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Pacífico Norte de los Estados Unidos Mexicanos.



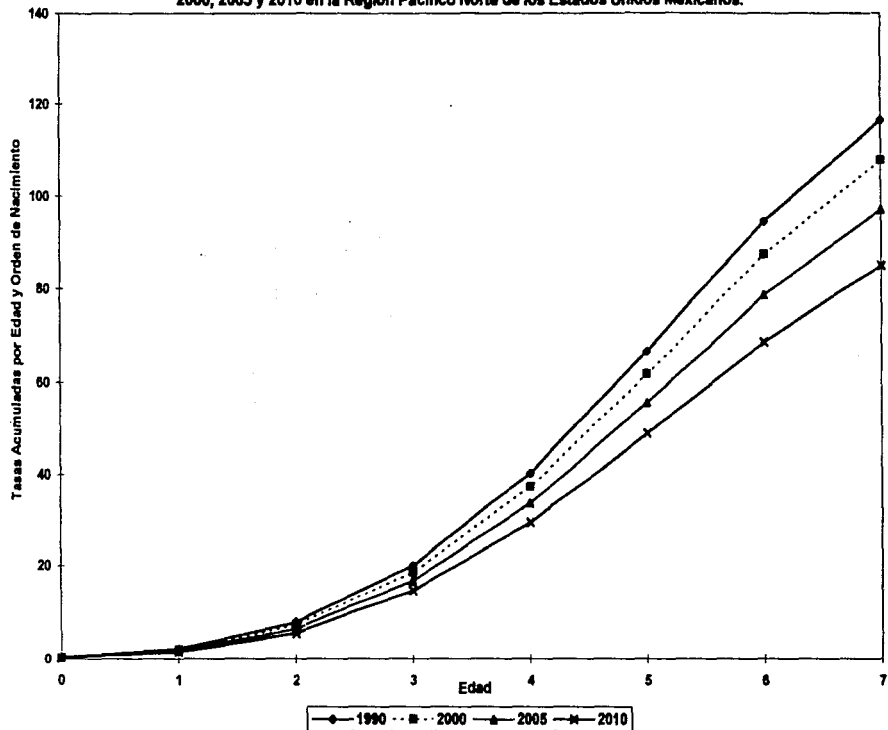
Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento Igual a tres para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Pacífico Norte de los Estados Unidos Mexicanos.



Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a cuatro para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Pacífico Norte de los Estados Unidos Mexicanos.



Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a cinco para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Pacífico Norte de los Estados Unidos Mexicanos.



4.3.4 Región Pacífico Sur.

- Orden de Nacimiento igual a un hijo nacido vivo.

En 1990

$$y_x = 119.04142(1.07149)^x(0.60761)^{0.21900^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 113.08935(1.07149)^x(0.60761)^{0.21900^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 104.60765(1.07149)^x(0.60761)^{0.21900^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 94.14689(1.07149)^x(0.60761)^{0.21900^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Con estas las funciones se obtuvieron las proyecciones buscadas y los valores estimados fueron los siguientes:

Cuadro 16

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 72.3308 | 68.7141 | 63.5605 | 57.2045 |
| 1 | 114.5436 | 108.8185 | 100.6552 | 90.5897 |
| 2 | 133.5332 | 126.6566 | 117.3423 | 105.6081 |
| 3 | 145.7089 | 138.4235 | 128.0417 | 115.2376 |
| 4 | 156.7409 | 148.9038 | 137.7360 | 123.9624 |
| 5 | 168.0890 | 159.6846 | 147.7082 | 132.9374 |
| 6 | 180.1389 | 171.1320 | 158.2971 | 142.4674 |
| 7 | 193.0249 | 183.3736 | 169.6206 | 152.6586 |

- Orden de Nacimiento igual a dos hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 87.09099(1.10849)^x(0.25170)^{0.41212^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 82.73644(1.10849)^x(0.25170)^{0.41212^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 76.53121(1.10849)^x(0.25170)^{0.41212^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 68.87809(1.10849)^x(0.25170)^{0.41212^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Para este orden de nacimiento las proyecciones encontradas para los años 2000, 2005 y 2010, fueron los siguientes calculados:

Cuadro 17

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 21.9205 | 20.8245 | 19.2626 | 17.3364 |
| 1 | 54.6757 | 51.9419 | 48.0463 | 43.2416 |
| 2 | 84.6601 | 80.4271 | 74.3951 | 66.9556 |
| 3 | 107.7036 | 102.3185 | 94.6446 | 85.1801 |
| 4 | 126.3614 | 120.0433 | 111.0401 | 99.9361 |
| 5 | 143.3856 | 136.2163 | 126.0001 | 113.4001 |
| 6 | 160.4810 | 152.4569 | 141.0226 | 126.9204 |
| 7 | 178.5994 | 169.6694 | 156.9442 | 141.2498 |

- Orden de Nacimiento igual a tres hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 82.62037(1.10826)^x(0.05834)^{0.53519^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 78.48935(1.10826)^x(0.05834)^{0.53519^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 72.60265(1.10826)^x(0.05834)^{0.53519^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 65.34239(1.10826)^x(0.05834)^{0.53519^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Las Tasas Acumuladas estimadas por edad para este orden de nacidos vivos, con las funciones de Makeham, fueron las siguientes:

Cuadro 18

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 4.8199 | 4.5789 | 4.2355 | 3.8119 |
| 1 | 20.0115 | 19.0109 | 17.5851 | 15.8266 |
| 2 | 44.9684 | 42.7200 | 39.5160 | 35.5644 |
| 3 | 72.7521 | 69.1145 | 63.9309 | 57.5378 |
| 4 | 98.7228 | 93.7866 | 86.7526 | 78.0774 |
| 5 | 121.9324 | 115.8358 | 107.1481 | 96.4333 |
| 6 | 143.2015 | 136.0414 | 125.8383 | 113.2545 |
| 7 | 163.7079 | 155.5225 | 143.8583 | 129.4725 |

- Orden de Nacimiento igual a cuatro hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 68.28812(1.12320)^x(0.02033)^{0.5/840^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 64.87371(1.12320)^x(0.02033)^{0.5/840^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 60.00819(1.12320)^x(0.02033)^{0.5/840^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 54.00737(1.12320)^x(0.02033)^{0.5/840^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Las Tasas Acumuladas por edad estimadas para este orden de nacidos vivos fueron las siguientes:

Cuadro 19

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 1.3884 | 1.3190 | 1.2200 | 1.0980 |
| 1 | 8.0565 | 7.6537 | 7.0796 | 6.3717 |
| 2 | 23.3963 | 22.2265 | 20.5595 | 18.5035 |
| 3 | 45.5244 | 43.2482 | 40.0046 | 36.0041 |
| 4 | 70.2660 | 66.7527 | 61.7463 | 55.5716 |
| 5 | 94.8540 | 90.1113 | 83.3530 | 75.0177 |
| 6 | 118.4964 | 112.5715 | 104.1287 | 93.7158 |
| 7 | 141.5411 | 134.4641 | 124.3793 | 111.9413 |

- Orden de Nacimiento igual a cinco hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 55.14489(1.14314)^x(0.00659)^{0.60182^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 52.38764(1.14314)^x(0.00659)^{0.60182^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 48.45857(1.14314)^x(0.00659)^{0.60182^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 43.61271(1.14314)^x(0.00659)^{0.60182^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Las Funciones de Makeham anteriores describen el comportamiento de las Tasas Acumuladas por Edad para este orden de nacimiento, con ellas se calcularon los siguientes valores:

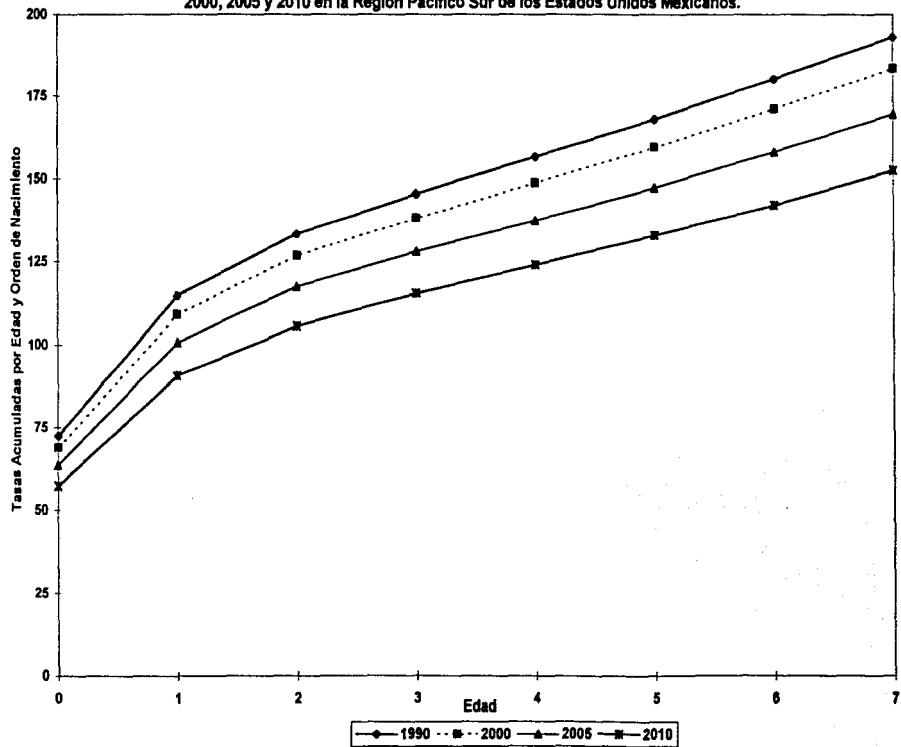
Cuadro 20

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|---------|
| 0 | 0.3634 | 0.3452 | 0.3193 | 0.2874 |
| 1 | 3.0717 | 2.9181 | 2.6992 | 2.4293 |
| 2 | 11.7015 | 11.1164 | 10.2827 | 9.2544 |
| 3 | 27.5961 | 26.2163 | 24.2501 | 21.8250 |
| 4 | 48.7708 | 46.3323 | 42.8574 | 38.5716 |
| 5 | 72.4593 | 68.8363 | 63.6736 | 57.3062 |
| 6 | 96.9792 | 92.1302 | 85.2204 | 76.6984 |
| 7 | 121.8933 | 115.7986 | 107.1137 | 96.4024 |

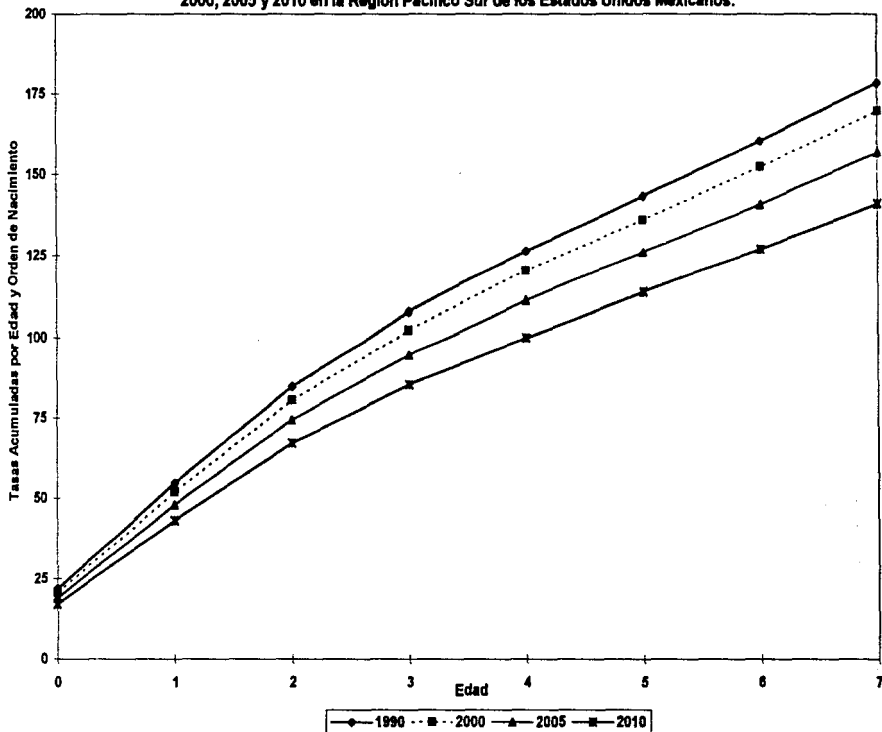
La Región Pacifico Sur constituye una de las regiones con una tendencia menor a tasas altas, ya que es precisamente en estas zonas donde la concentración de población es menor, la Función de Makeham logra proyectar en forma aceptable los posibles movimientos de las tasas acumuladas.

Gráficamente los resultados se observan como a continuación se muestran.

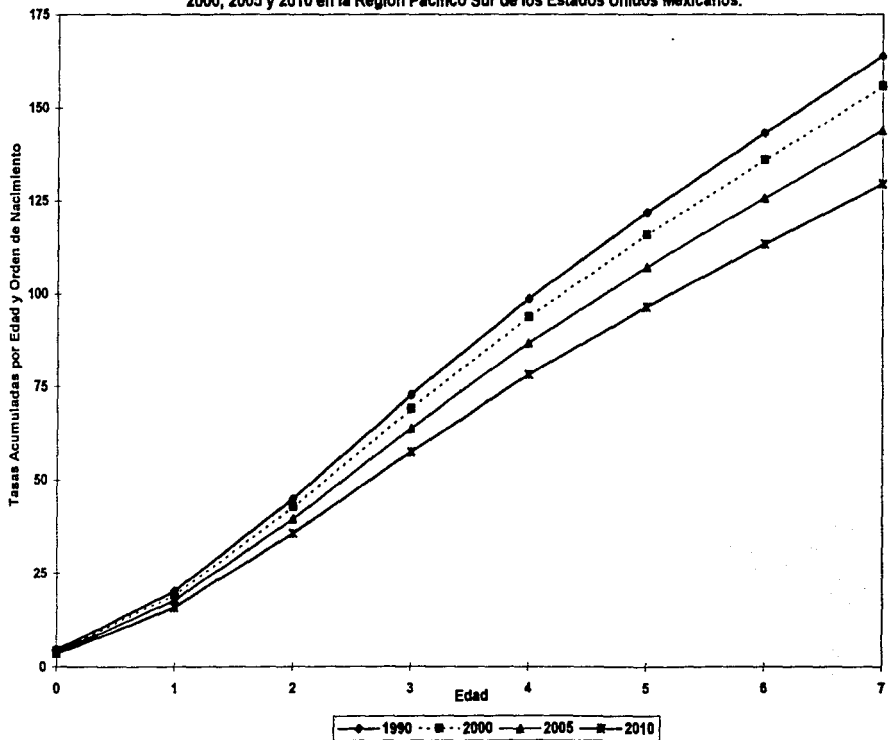
Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a uno para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Pacífico Sur de los Estados Unidos Mexicanos.



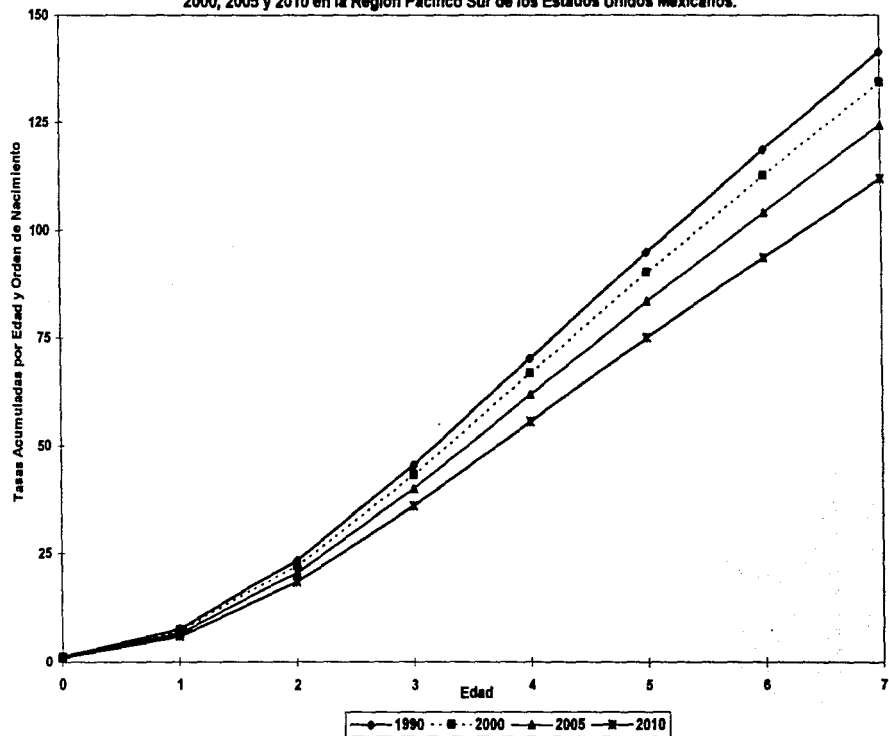
Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a dos para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Pacífico Sur de los Estados Unidos Mexicanos.



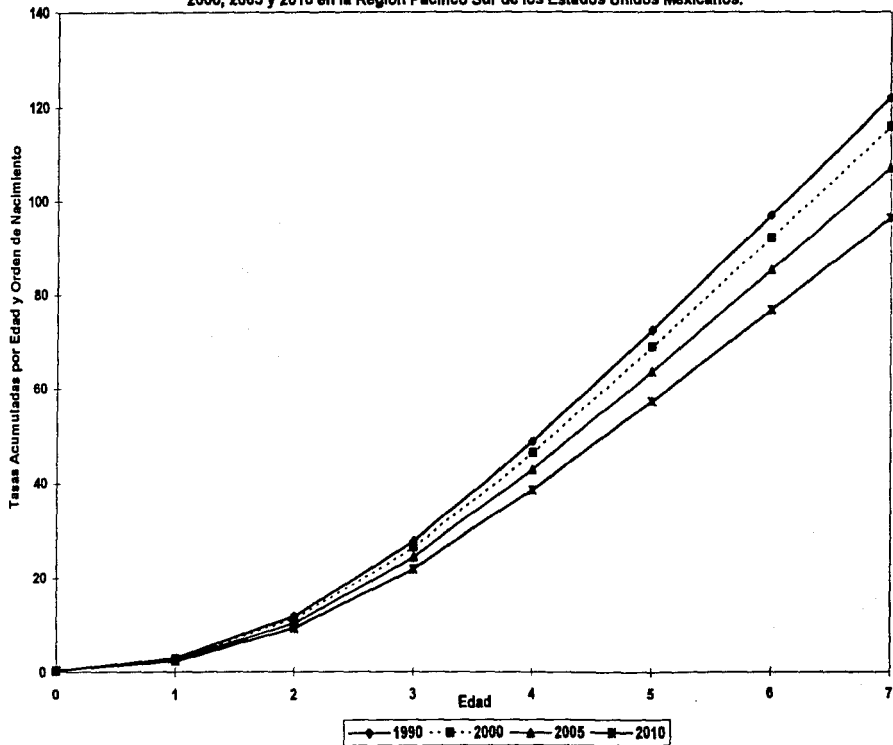
Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a tres para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Pacífico Sur de los Estados Unidos Mexicanos.



Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a cuatro para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Pacífico Sur de los Estados Unidos Mexicanos.



Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento Igual a cinco para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Pacífico Sur de los Estados Unidos Mexicanos.



4.3.5 Región Sur.

- Orden de Nacimiento Igual a un hijo nacido vivo.

En 1990

$$y_x = 103.21857(1.07809)^x(0.64437)^{0.21907^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 98.05764(1.07809)^x(0.64437)^{0.21907^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 90.70332(1.07809)^x(0.64437)^{0.21907^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 81.63299(1.07809)^x(0.64437)^{0.21907^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Con estas las funciones se obtuvieron las proyecciones y los valores estimados fueron los siguientes:

Cuadro 21

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 66.5114 | 63.1859 | 58.4489 | 52.6022 |
| 1 | 101.0648 | 96.0118 | 88.8107 | 79.9296 |
| 2 | 117.4642 | 111.5910 | 103.2217 | 92.8995 |
| 3 | 128.7397 | 122.3027 | 113.1300 | 101.8170 |
| 4 | 139.2942 | 132.3295 | 122.4048 | 110.1643 |
| 5 | 150.2900 | 142.7755 | 132.0674 | 118.8606 |
| 6 | 162.0537 | 153.9510 | 142.4047 | 128.1642 |
| 7 | 174.7148 | 165.9789 | 153.5305 | 138.1774 |

- Orden de Nacimiento Igual a dos hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 85.09522(1.11227)^x(0.30543)^{0.43117^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 80.84048(1.11227)^x(0.30543)^{0.43117^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 74.77743(1.11227)^x(0.30543)^{0.43117^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 67.29968(1.11227)^x(0.30543)^{0.43117^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Los valores calculados fueron los siguientes:

Cuadro 22

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 25.9907 | 24.6912 | 22.8394 | 20.5554 |
| 1 | 56.7576 | 53.9196 | 49.8756 | 44.8881 |
| 2 | 84.4431 | 80.2208 | 74.2043 | 66.7838 |
| 3 | 106.4739 | 101.1502 | 93.5639 | 84.2076 |
| 4 | 125.0081 | 118.7578 | 109.8509 | 98.8658 |
| 5 | 142.3225 | 135.2065 | 125.0660 | 112.5594 |
| 6 | 159.9002 | 151.9053 | 140.5124 | 126.4611 |
| 7 | 176.6245 | 169.6932 | 156.9662 | 141.2696 |

- Orden de Nacimiento igual a tres hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 77.24381(1.12233)^x(0.09341)^{0.52119^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 73.38162(1.12233)^x(0.09341)^{0.52119^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 67.87800(1.12233)^x(0.09341)^{0.52119^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 61.09020(1.12233)^x(0.09341)^{0.52119^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Las Tasas Acumuladas estimadas por edad para este orden de nacidos fueron las siguientes:

Cuadro 23

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 7.2153 | 6.8546 | 6.3405 | 5.7064 |
| 1 | 25.1980 | 23.9381 | 22.1427 | 19.9284 |
| 2 | 51.1005 | 48.5455 | 44.9046 | 40.4141 |
| 3 | 78.0654 | 74.1621 | 68.6000 | 61.7400 |
| 4 | 102.8899 | 97.7454 | 90.4145 | 81.3730 |
| 5 | 125.5649 | 119.2867 | 110.3402 | 99.3081 |
| 6 | 147.2132 | 139.8525 | 129.3636 | 116.4272 |
| 7 | 169.0237 | 160.5725 | 148.5296 | 133.6766 |

- Orden de Nacimiento igual a cuatro hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 61.73428(1.14246)^x(0.03574)^{0.55294^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 58.64757(1.14246)^x(0.03574)^{0.55294^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 54.24900(1.14246)^x(0.03574)^{0.55294^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 48.82410(1.14246)^x(0.03574)^{0.55294^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Las Tasas Acumuladas por edad estimadas para este orden de nacidos vivos fueron las siguientes:

Cuadro 24

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 2.2061 | 2.0958 | 1.9388 | 1.7448 |
| 1 | 11.1769 | 10.6181 | 9.8217 | 8.8396 |
| 2 | 29.0960 | 27.6412 | 25.5681 | 23.0113 |
| 3 | 52.4135 | 49.7928 | 46.0584 | 41.4525 |
| 4 | 77.0261 | 73.1748 | 67.6867 | 60.9180 |
| 5 | 101.1451 | 96.0878 | 88.8812 | 79.9931 |
| 6 | 124.8014 | 118.5613 | 109.6692 | 98.7023 |
| 7 | 148.7808 | 141.3418 | 130.7411 | 117.6670 |

- Orden de Nacimiento igual a cinco hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 51.44558(1.15496)^x(0.01288)^{0.57390^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 48.87330(1.15496)^x(0.01288)^{0.57390^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 45.20781(1.15496)^x(0.01288)^{0.57390^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 40.68703(1.15496)^x(0.01288)^{0.57390^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Las Funciones de Makeham anteriores describen el comportamiento de las Tasas Acumuladas por Edad para este orden de nacimiento, con ellas se calcularon los siguientes valores:

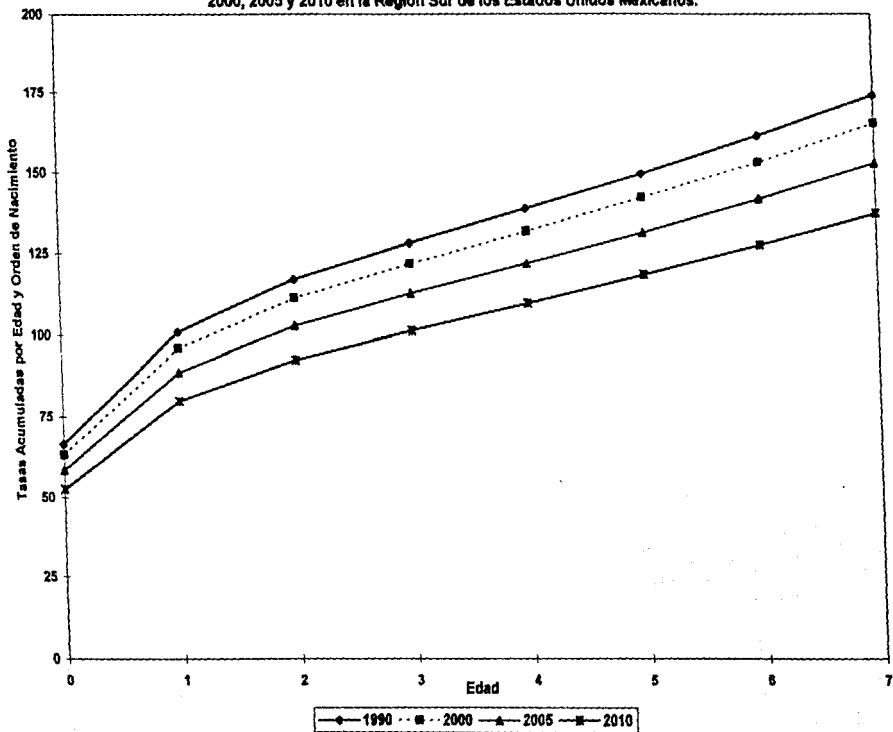
Cuadro 25

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 0.6625 | 0.6294 | 0.5822 | 0.5239 |
| 1 | 4.8880 | 4.6436 | 4.2954 | 3.8658 |
| 2 | 16.3652 | 15.5469 | 14.3809 | 12.9428 |
| 3 | 34.8142 | 33.0735 | 30.5930 | 27.5337 |
| 4 | 57.0902 | 54.2357 | 50.1680 | 45.1512 |
| 5 | 80.6303 | 76.5988 | 70.8539 | 63.7685 |
| 6 | 104.5216 | 99.2957 | 91.8486 | 82.6637 |
| 7 | 128.9882 | 122.5388 | 113.3484 | 102.0135 |

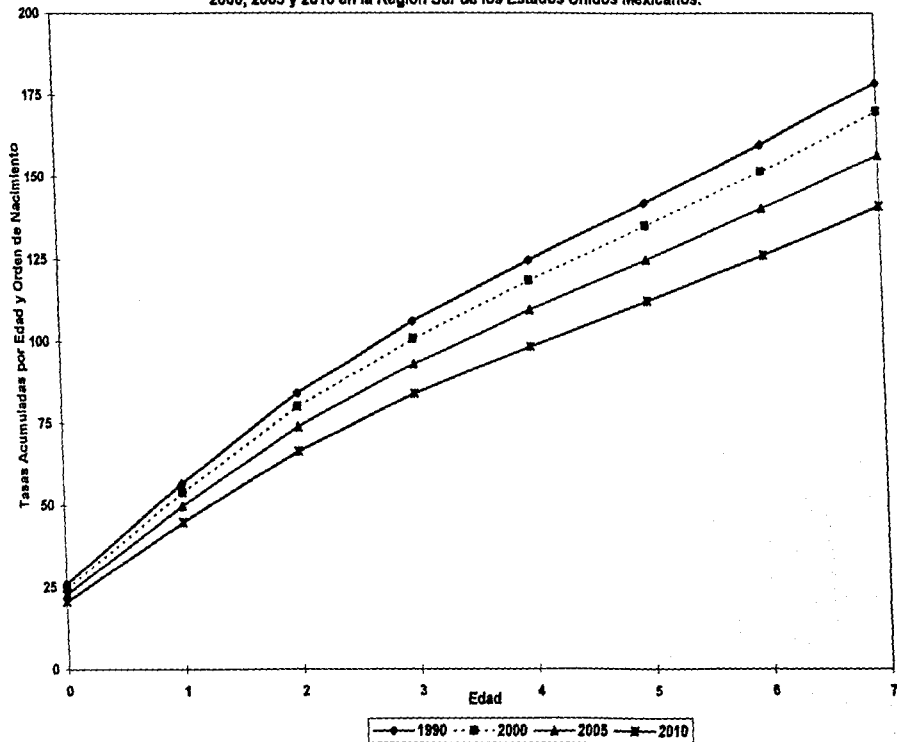
La Región Sur constituye a su vez una de las regiones con una tendencia mayor a las tasas altas, ya que es en estos estados donde existe mayor población y en consecuencia una mayor tendencia a la fecundidad. La Función de Makeham describe y proyecta con gran veracidad la situación demográfica de esta región.

Los datos pueden ser representados gráficamente de la siguiente manera.

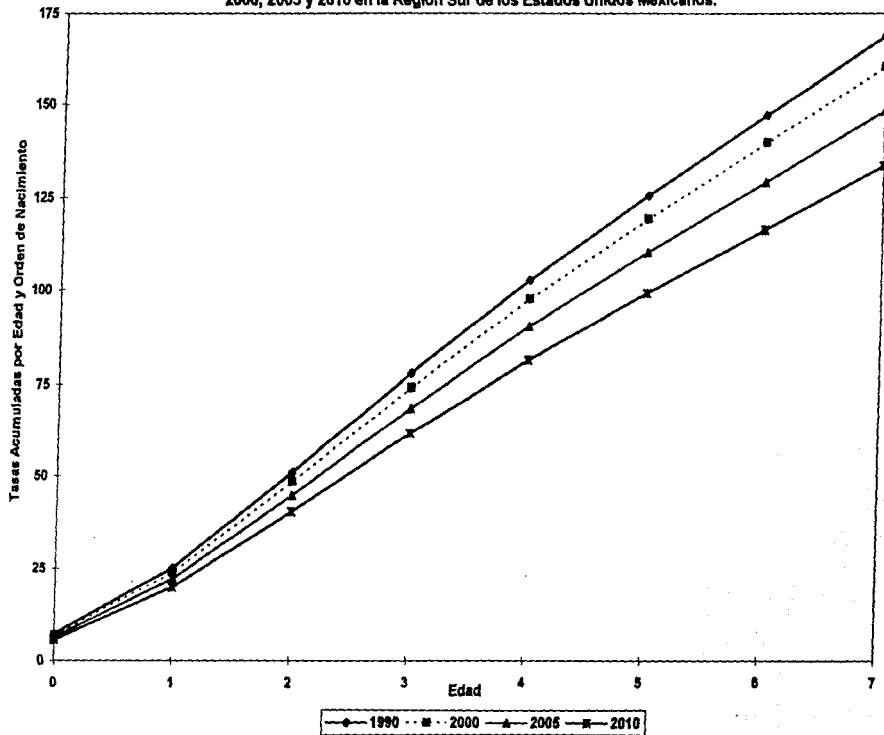
Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a uno para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Sur de los Estados Unidos Mexicanos.



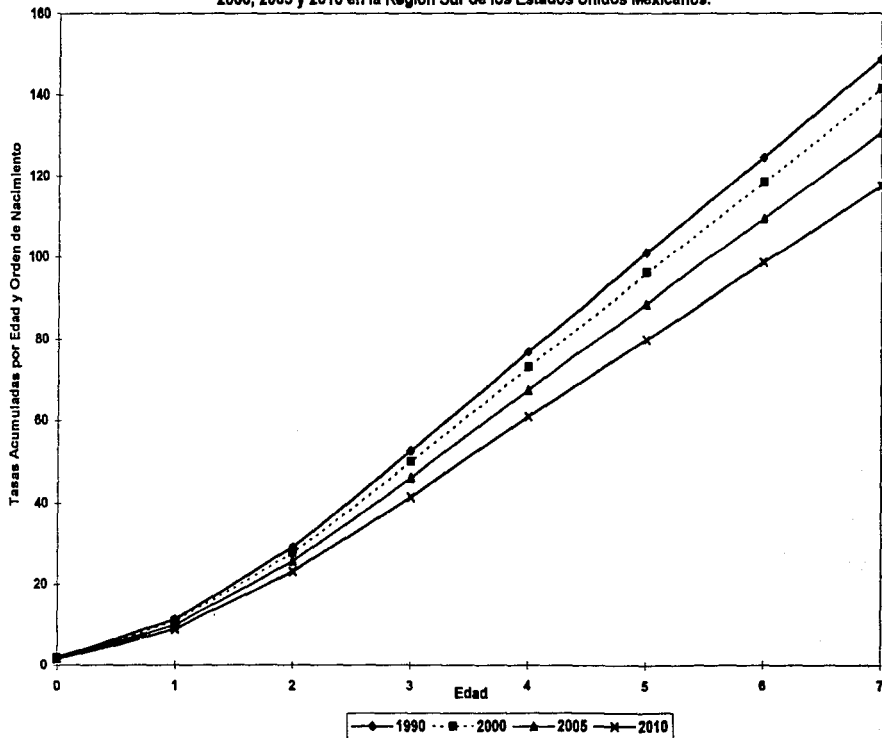
Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a dos para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Sur de los Estados Unidos Mexicanos.



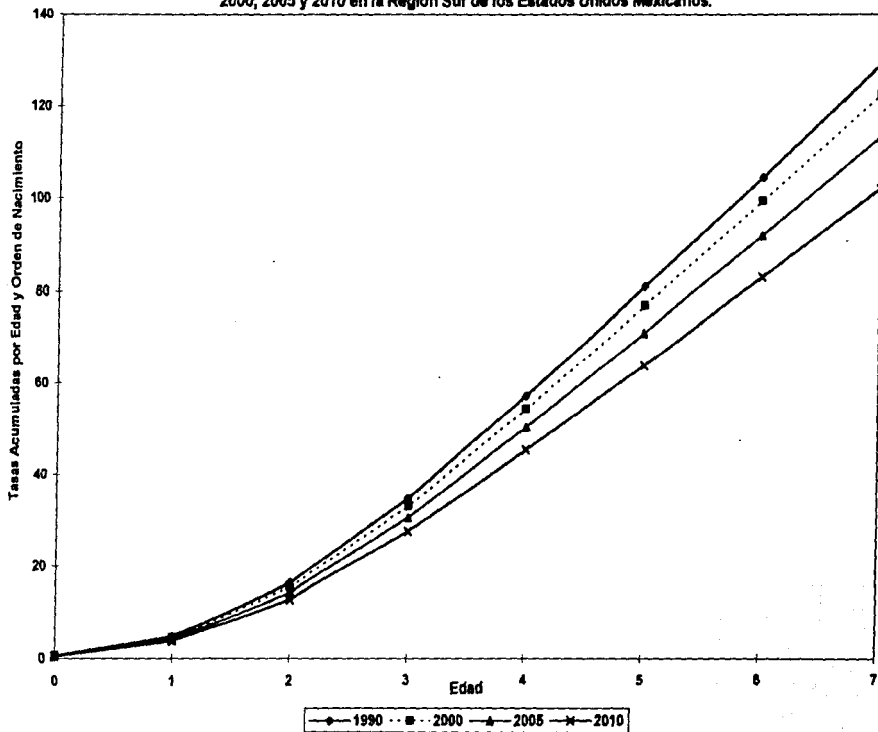
Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a tres para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Sur de los Estados Unidos Mexicanos.



Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a cuatro para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Sur de los Estados Unidos Mexicanos.



Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a cinco para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Sur de los Estados Unidos Mexicanos.



4.3.6 Región Golfo.

- Orden de Nacimiento igual a un hijo nacido vivo.

En 1990

$$y_x = 122.76563(1.06853)^x(0.57969)^{0.27325^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 116.61785(1.06853)^x(0.57969)^{0.27325^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 107.87151(1.06853)^x(0.57969)^{0.27325^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 97.08436(1.06853)^x(0.57969)^{0.27325^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Una vez calculadas las Funciones de Makeham correspondientes se procedió a calcular las estimaciones para los valores proyectados de las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento, dichos valores fueron los siguientes:

Cuadro 26

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 71.1600 | 67.6020 | 62.5318 | 56.2767 |
| 1 | 113.0109 | 107.3604 | 99.3083 | 89.3775 |
| 2 | 134.5649 | 127.8367 | 118.2489 | 106.4240 |
| 3 | 148.1042 | 140.8990 | 130.1466 | 117.1319 |
| 4 | 159.5381 | 151.5612 | 140.1941 | 126.1747 |
| 5 | 170.8479 | 162.3055 | 150.1325 | 135.1193 |
| 6 | 182.6659 | 173.5326 | 160.5176 | 144.4659 |
| 7 | 195.2157 | 185.4550 | 171.5458 | 154.3913 |

- Orden de Nacimiento igual a dos hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 101.71534(1.09873)^x(0.22786)^{0.48767^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 96.62958(1.09873)^x(0.22786)^{0.48767^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 89.38236(1.09873)^x(0.22786)^{0.48767^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 80.44412(1.09873)^x(0.22786)^{0.48767^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Los valores encontrados para las proyecciones buscadas, a partir de las funciones anteriores fueron los siguientes:

Cuadro 27

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 23.1788 | 22.0179 | 20.3666 | 18.3299 |
| 1 | 53.9253 | 51.6127 | 47.7417 | 42.9676 |
| 2 | 85.9357 | 82.0602 | 75.9057 | 68.3151 |
| 3 | 113.4623 | 107.9658 | 99.8684 | 89.8816 |
| 4 | 136.4288 | 129.5219 | 119.8077 | 107.8270 |
| 5 | 156.5886 | 148.5408 | 137.4003 | 123.6602 |
| 6 | 175.6189 | 166.6529 | 154.1539 | 138.7385 |
| 7 | 194.7103 | 184.9821 | 171.1084 | 153.9976 |

- Orden de Nacimiento igual a tres hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 90.28106(1.10313)^x(0.06074)^{0.06333x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 85.76701(1.10313)^x(0.06074)^{0.06333x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 79.33448(1.10313)^x(0.06074)^{0.06333x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 71.40103(1.10313)^x(0.06074)^{0.06333x^2} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Las Tasas Acumuladas estimadas por edad para este orden de nacidos vivos, con las funciones de Makeham calculadas, fueron las siguientes:

Cuadro 28

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 5.4841 | 5.2099 | 4.8192 | 4.3372 |
| 1 | 20.5559 | 19.5281 | 18.0635 | 16.2571 |
| 2 | 45.1655 | 42.9073 | 39.6892 | 35.7203 |
| 3 | 73.4528 | 69.7801 | 64.5466 | 58.0919 |
| 4 | 100.8320 | 95.7904 | 88.6061 | 79.7455 |
| 5 | 125.8118 | 119.5212 | 110.5571 | 99.5014 |
| 6 | 148.7594 | 141.3215 | 130.7224 | 117.6501 |
| 7 | 170.6430 | 162.1108 | 149.9525 | 134.9573 |

- Orden de Nacimiento Igual a cuatro hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 52.86337(1.15427)^x(0.03169)^{0.5/95x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 50.22020(1.15427)^x(0.03169)^{0.5/95x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 46.45368(1.15427)^x(0.03169)^{0.5/95x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 41.80832(1.15427)^x(0.03169)^{0.5/95x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Con las anteriores funciones se calcularon los siguientes valores:

Cuadro 29

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 1.8753 | 1.5915 | 1.4721 | 1.3249 |
| 1 | 8.2536 | 7.8409 | 7.2529 | 6.5276 |
| 2 | 22.0918 | 20.9872 | 19.4132 | 17.4719 |
| 3 | 41.5188 | 39.4428 | 36.4846 | 32.8361 |
| 4 | 63.5698 | 60.3913 | 55.8620 | 50.2758 |
| 5 | 86.4315 | 82.1099 | 75.9517 | 68.3565 |
| 6 | 109.8973 | 104.2124 | 96.3965 | 88.7568 |
| 7 | 133.7601 | 127.0911 | 117.5593 | 105.8034 |

- Orden de Nacimiento igual a cinco hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 44.96832(1.15719)^x(0.01213)^{0.6283x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 42.71991(1.15719)^x(0.01213)^{0.6283x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 39.51591(1.15719)^x(0.01213)^{0.6283x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 35.56432(1.15719)^x(0.01213)^{0.6283x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Las Funciones de Makeham anteriores describen el comportamiento de las Tasas Acumuladas por Edad para este orden de nacimiento, con ellas se calcularon los siguientes valores:

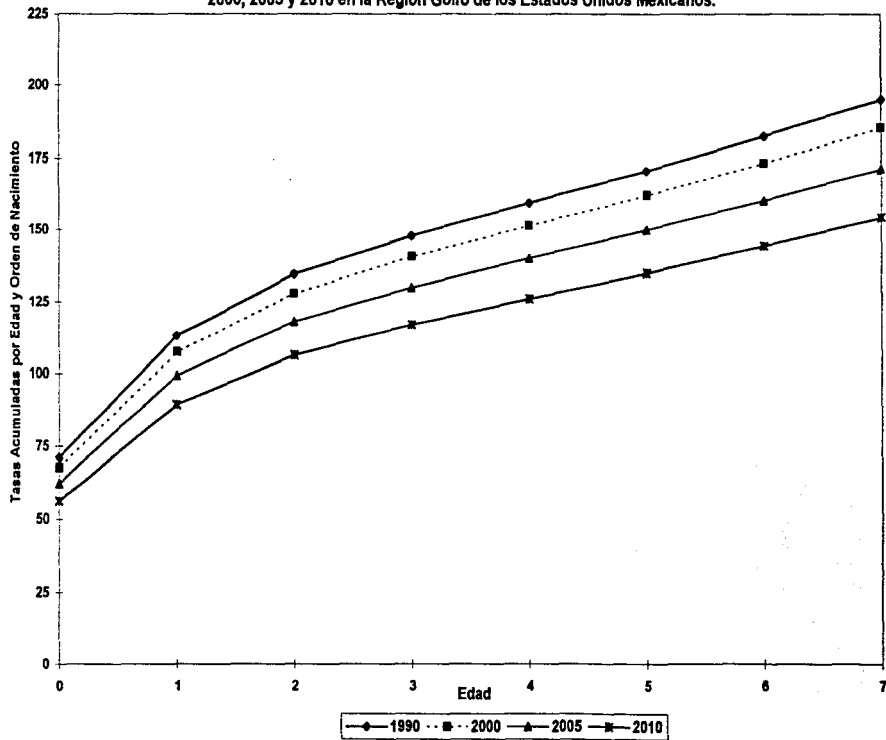
Cuadro 30

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|---------|---------|
| 0 | 0.5454 | 0.5181 | 0.4793 | 0.4313 |
| 1 | 3.2526 | 3.0900 | 2.8582 | 2.5724 |
| 2 | 10.5463 | 10.0190 | 9.2676 | 8.3408 |
| 3 | 23.3175 | 22.1516 | 20.4902 | 18.4412 |
| 4 | 40.5294 | 38.5029 | 35.6152 | 32.0537 |
| 5 | 60.5617 | 57.5336 | 53.2186 | 47.8967 |
| 6 | 82.2937 | 78.1790 | 72.3156 | 65.0840 |
| 7 | 105.3438 | 100.0766 | 92.5708 | 83.3136 |

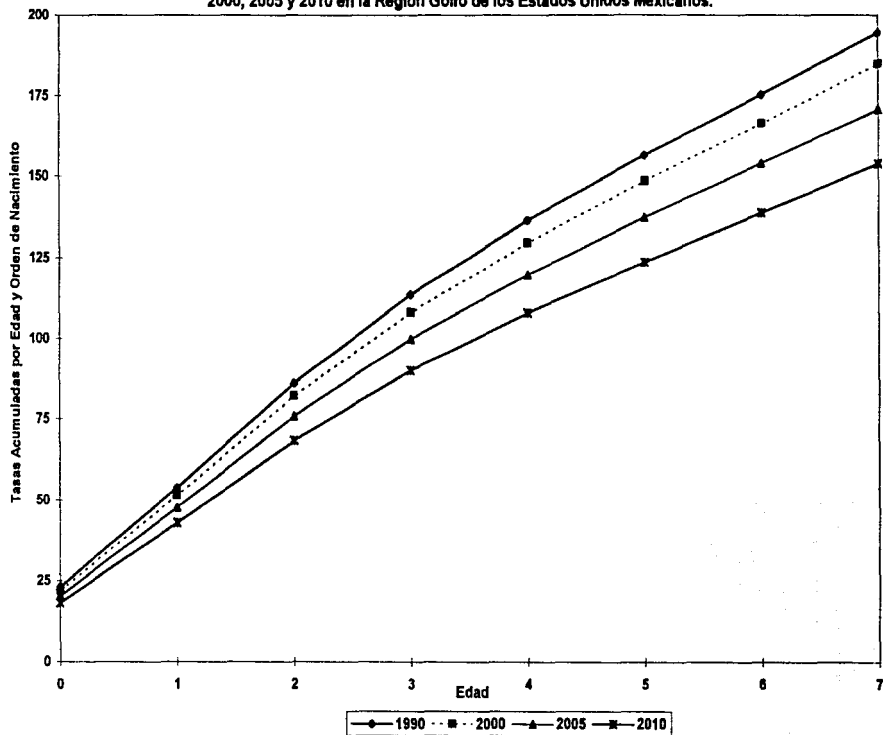
Con el cálculo de los datos anteriores, se han presentado las proyecciones que para los años 2000, 2005 y 2010 pueden esperarse en las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento para la Región Golfo de los Estados Unidos Mexicanos. Puede hacerse notar la gran importancia que tiene encontrar las herramientas necesarias que ayuden la planeación y prevención, no sólo a corto plazo sino a largo plazo, de los programas nacionales de alienación, salud y educación.

Como una herramienta que muestra de forma visual los resultados antes presentados se tienen las siguientes gráficas.

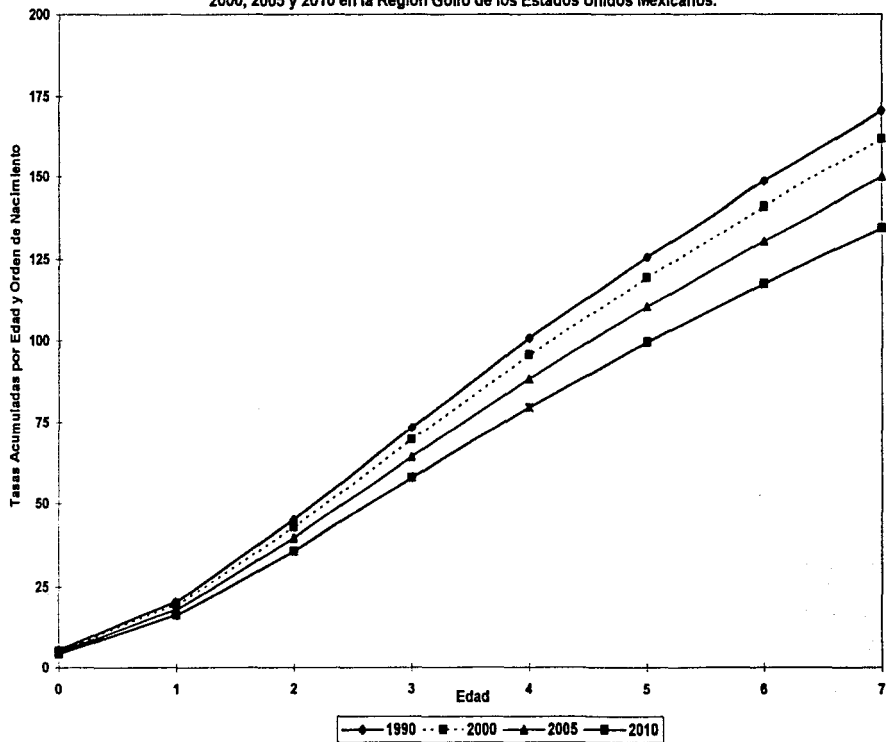
Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a uno para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Golfo de los Estados Unidos Mexicanos.



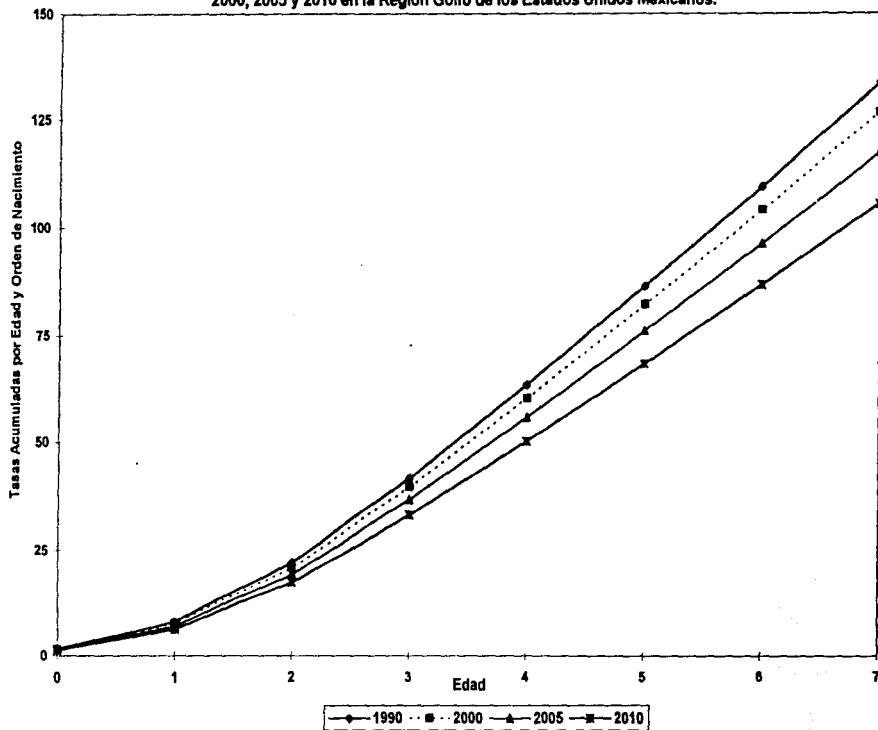
Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a dos para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Golfo de los Estados Unidos Mexicanos.



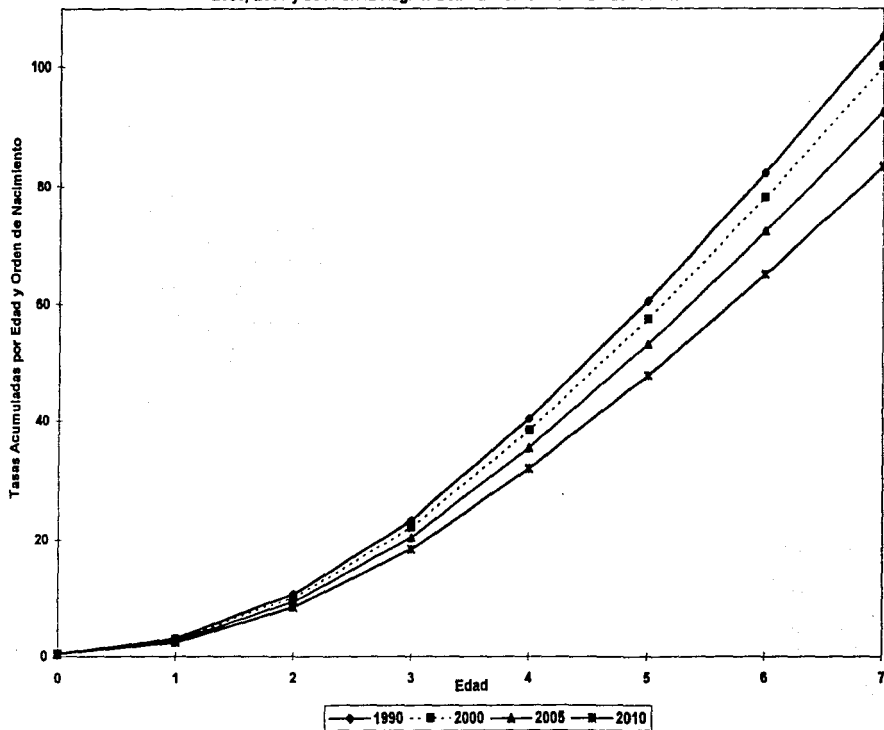
Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a tres para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Golfo de los Estados Unidos Mexicanos.



Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a cuatro para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Golfo de los Estados Unidos Mexicanos.



Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a cinco para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Golfo de los Estados Unidos Mexicanos.



4.3.7 Región Centro Periférico.

- Orden de Nacimiento igual a un hijo nacido vivo.

En 1990

$$y_x = 367.64214(1.02856)^x(0.20335)^{0.27900^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 349.26003(1.02856)^x(0.20335)^{0.27900^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 323.06553(1.02856)^x(0.20335)^{0.27900^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 290.75897(1.02856)^x(0.20335)^{0.27900^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Con estas funciones se pudo proporcionar la estimación correspondiente a los años ya citados, siendo estas las siguientes:

Cuadro 31

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 74.7618 | 71.0237 | 65.6969 | 59.1273 |
| 1 | 242.6247 | 230.4934 | 213.2064 | 191.8858 |
| 2 | 343.7120 | 326.5264 | 302.0369 | 271.8332 |
| 3 | 386.5086 | 367.1832 | 339.6445 | 305.6800 |
| 4 | 407.5504 | 387.1729 | 358.1349 | 322.3214 |
| 5 | 422.1033 | 400.9981 | 370.9232 | 333.8309 |
| 6 | 434.9680 | 413.2481 | 382.2545 | 344.0290 |
| 7 | 447.6633 | 425.2801 | 393.3841 | 354.0457 |

- Orden de Nacimiento igual a dos hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 408.22929(1.02628)^x(0.05954)^{0.35987^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 387.81782(1.02628)^x(0.05954)^{0.35987^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 358.73149(1.02628)^x(0.05954)^{0.35987^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 322.85634(1.02628)^x(0.05954)^{0.35987^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Estas cuatro funciones estimaron las proyecciones para los años 2000, 2005 y 2010, por lo que los valores calculados fueron:

Cuadro 32

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 24.3080 | 23.0926 | 21.3607 | 19.2246 |
| 1 | 151.8021 | 144.2120 | 133.3961 | 120.0565 |
| 2 | 298.3810 | 283.4619 | 262.2023 | 235.9821 |
| 3 | 386.9008 | 367.5557 | 339.9890 | 305.9901 |
| 4 | 431.9297 | 410.3332 | 379.5582 | 341.6024 |
| 5 | 456.9092 | 434.0638 | 401.5090 | 361.3581 |
| 6 | 474.0533 | 450.3506 | 416.5743 | 374.9169 |
| 7 | 488.4212 | 454.0001 | 429.2001 | 386.2801 |

- Orden de Nacimiento igual a tres hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 374.79499(1.01984)^x(0.01650)^{0.42527^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 356.05524(1.01984)^x(0.01650)^{0.42527^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 329.35109(1.01984)^x(0.01650)^{0.42527^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 296.41598(1.01984)^x(0.01650)^{0.42527^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Las Tasas Acumuladas por edad para este orden, se estimaron a partir de las funciones anteriores, obteniendo los siguientes resultados:

Cuadro 33

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 6.1857 | 5.8764 | 5.4357 | 4.8921 |
| 1 | 66.7291 | 63.3928 | 58.6382 | 52.7744 |
| 2 | 185.5646 | 176.2864 | 163.0649 | 146.7584 |
| 3 | 289.9321 | 275.4355 | 254.7778 | 229.3000 |
| 4 | 354.5014 | 336.7764 | 311.5181 | 280.3663 |
| 5 | 390.5322 | 371.0056 | 343.1802 | 308.8622 |
| 6 | 411.5647 | 390.9865 | 361.6625 | 325.4962 |
| 7 | 425.6274 | 404.3461 | 374.0201 | 336.6181 |

- Orden de Nacimiento igual a cuatro hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 262.55951(1.03256)^x(0.00492)^{0.44110^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 249.43153(1.03256)^x(0.00492)^{0.44110^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 230.72417(1.03256)^x(0.00492)^{0.44110^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 207.65175(1.03256)^x(0.00492)^{0.44110^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Así las Tasas Acumuladas por edad estimadas para este orden de nacidos vivos fueron las siguientes:

Cuadro 34

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 1.2919 | 1.2273 | 1.1353 | 1.0218 |
| 1 | 26.0066 | 24.7063 | 22.8533 | 20.5680 |
| 2 | 99.5380 | 94.5611 | 87.4690 | 78.7221 |
| 3 | 183.1839 | 174.0247 | 160.9728 | 144.8756 |
| 4 | 244.0686 | 231.8651 | 214.4753 | 193.0277 |
| 5 | 282.0079 | 267.9075 | 247.8144 | 223.0330 |
| 6 | 305.9971 | 290.6972 | 268.8950 | 242.0055 |
| 7 | 322.9492 | 306.8017 | 283.7916 | 255.4124 |

- Orden de Nacimiento igual a cinco hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 177.35223(1.05089)^x(0.00112)^{0.44833^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 168.48462(1.05089)^x(0.00112)^{0.44833^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 155.84827(1.05089)^x(0.00112)^{0.44833^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 140.26345(1.05089)^x(0.00112)^{0.44833^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Con las Funciones de Makeham anteriores permitieron proyectar las Tasas Acumuladas por Edad para este orden de nacimiento, obteniéndose los siguientes valores:

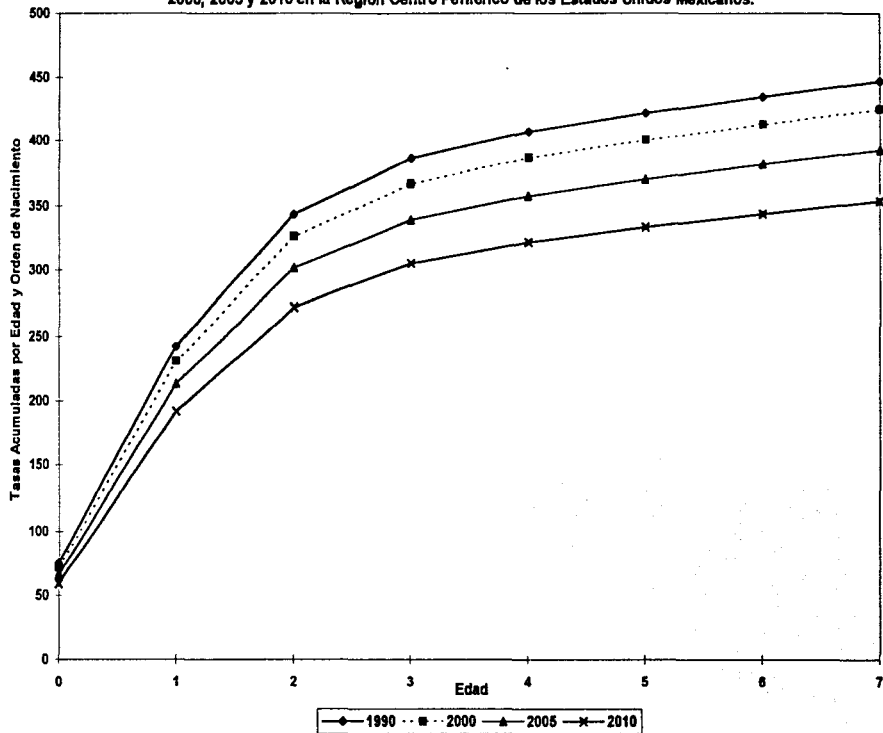
Cuadro 35

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 0.1991 | 0.1892 | 0.1750 | 0.1575 |
| 1 | 8.8705 | 8.4270 | 7.7950 | 7.0155 |
| 2 | 50.0097 | 47.5093 | 43.9461 | 39.5515 |
| 3 | 111.6076 | 106.0273 | 98.0752 | 88.2677 |
| 4 | 164.3969 | 158.1771 | 144.4638 | 130.0174 |
| 5 | 201.0001 | 190.9501 | 176.6288 | 158.9660 |
| 6 | 226.0632 | 214.7600 | 198.6530 | 178.7877 |
| 7 | 244.9078 | 232.6624 | 215.2128 | 193.6915 |

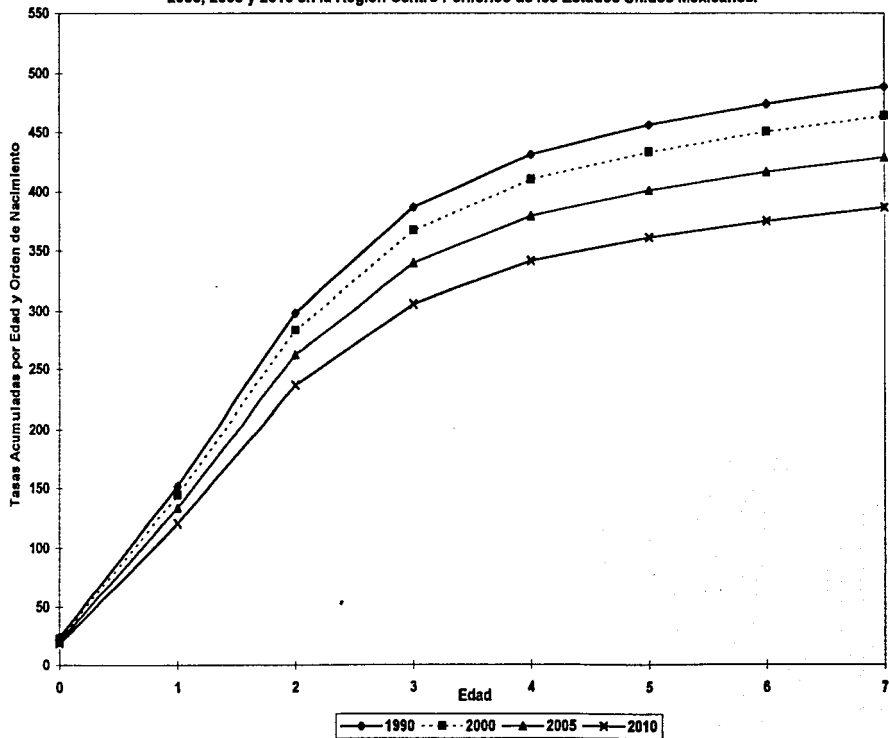
Con este orden se tienen ya las proyecciones para los cinco ordenes de nacimiento trabajados durante el presente trabajo, dichas proyecciones corresponden a los años 2000, 2005 y 2010. Es sin duda la Región Centro Periférico, una región cuyas tasas presentan un alto grado de concentración, dado que aun conserva los rasgos de provincia, donde el número de hijos es grande, por lo que no es de extrañarse que sea una región donde las proyecciones de sus tasas acumuladas de fecundidad, a pesar de que disminuyen con respecto a lo presentado en 1990, se mantengan altas en comparación con otras regiones. De aquí la importancia de buscar los medios suficientes para ofrecer condiciones dignas a los habitantes de estos estados.

Como presentación gráfica de estos resultados tenemos los siguientes gráficos.

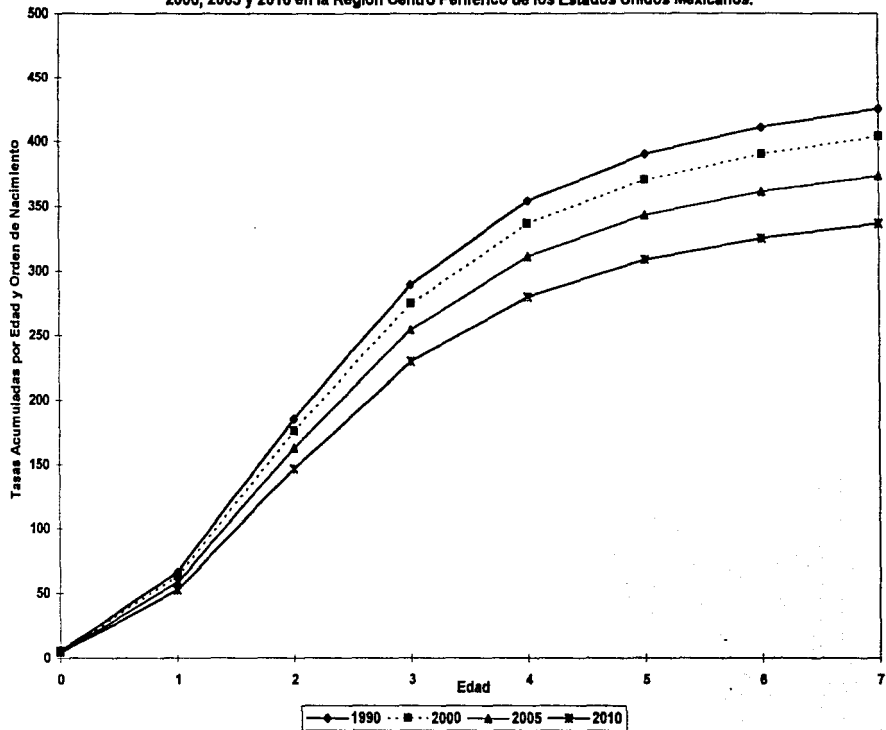
Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a uno para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Centro Periférico de los Estados Unidos Mexicanos.



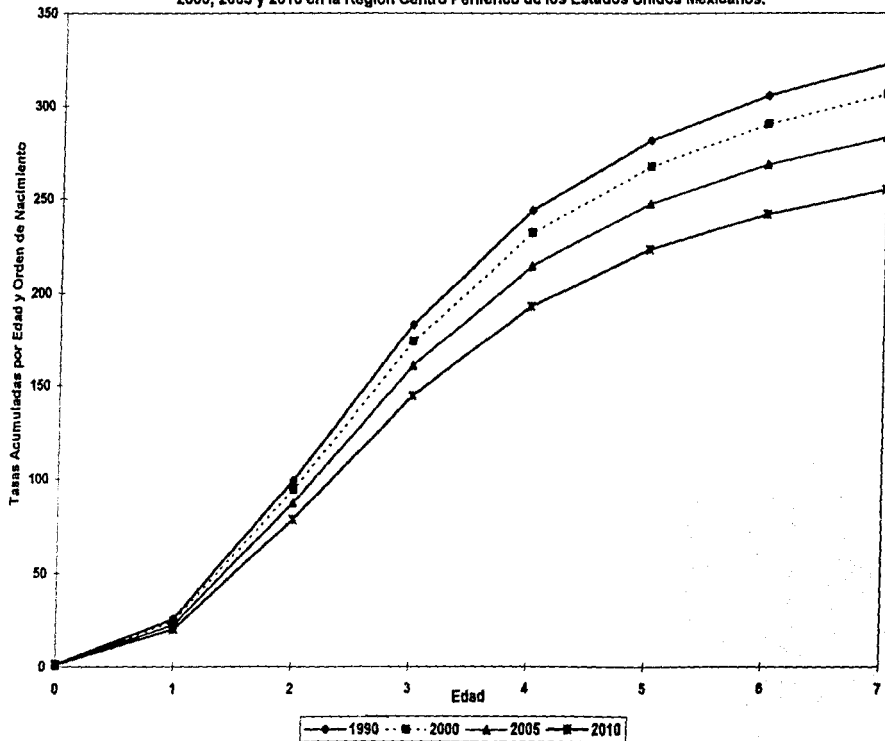
Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a dos para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Centro Periférico de los Estados Unidos Mexicanos.



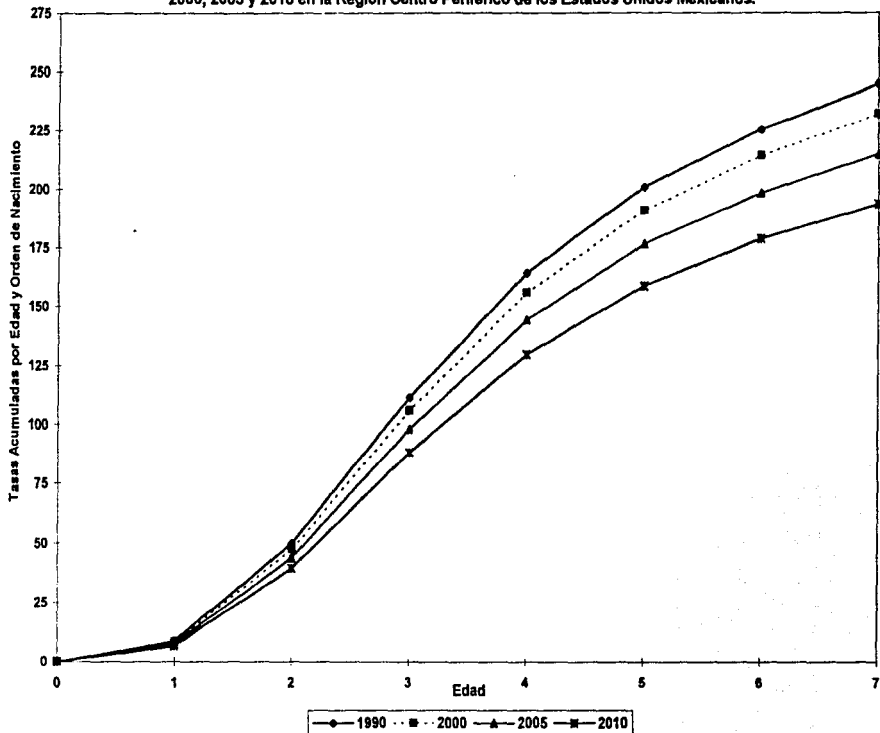
Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento Igual a tres para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Centro Periférico de los Estados Unidos Mexicanos.



Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a cuatro para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Centro Periférica de los Estados Unidos Mexicanos.



Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a cinco para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Centro Periférico de los Estados Unidos Mexicanos.



4.3.8 Región Centro.

- Orden de Nacimiento igual a un hijo nacido vivo.

En 1990

$$y_x = 140.72211(1.06143)^x(0.54162)^{0.29426x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 133.68601(1.06143)^x(0.54162)^{0.29426x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 123.65956(1.06143)^x(0.54162)^{0.29426x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 111.29360(1.06143)^x(0.54162)^{0.29426x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Con estas las funciones se obtuvieron las proyecciones buscadas y los valores estimados fueron los siguientes:

Cuadro 36

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 76.2177 | 72.4068 | 66.9763 | 60.2787 |
| 1 | 124.7048 | 118.4696 | 109.5844 | 98.6259 |
| 2 | 150.3416 | 142.8245 | 132.1127 | 118.9014 |
| 3 | 165.6702 | 157.3866 | 145.5826 | 131.0244 |
| 4 | 177.7966 | 168.9067 | 156.2387 | 140.6149 |
| 5 | 189.3313 | 179.8647 | 166.3749 | 149.7374 |
| 6 | 201.1531 | 191.0955 | 176.7633 | 159.0870 |
| 7 | 213.5691 | 202.8906 | 187.6738 | 168.9064 |

- Orden de Nacimiento igual a dos hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 114.84240(1.08929)^x(0.17442)^{0.50422x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 109.10028(1.08929)^x(0.17442)^{0.50422x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 100.91776(1.08929)^x(0.17442)^{0.50422x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 90.82598(1.08929)^x(0.17442)^{0.50422x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Para este orden de nacimiento las proyecciones encontradas para los años 2000, 2005 y 2010, fueron los siguientes calculados:

Cuadro 37

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 20.0308 | 19.0293 | 17.6021 | 15.8419 |
| 1 | 51.8610 | 49.2680 | 45.5729 | 41.0156 |
| 2 | 87.4119 | 83.0413 | 78.8132 | 69.1319 |
| 3 | 118.6605 | 112.7275 | 104.2729 | 93.8456 |
| 4 | 144.4271 | 137.2057 | 126.9153 | 114.2238 |
| 5 | 166.3773 | 158.0585 | 146.2041 | 131.5837 |
| 6 | 186.4191 | 177.0982 | 163.8158 | 147.4342 |
| 7 | 205.9735 | 195.6748 | 180.9992 | 162.8993 |

- Orden de Nacimiento igual a tres hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 92.48768(1.09904)^x(0.03883)^{0.57196x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 87.86329(1.09904)^x(0.03883)^{0.57196x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 81.27355(1.09904)^x(0.03883)^{0.57196x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 73.14169(1.09904)^x(0.03883)^{0.57196x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Las Tasas Acumuladas estimadas por edad para este orden de nacidos vivos, con las funciones de Makeham, fueron las siguientes:

Cuadro 38

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 3.5914 | 3.4119 | 3.1560 | 2.8404 |
| 1 | 15.8541 | 15.0614 | 13.9318 | 12.5366 |
| 2 | 38.5969 | 36.6670 | 33.9170 | 30.5253 |
| 3 | 66.8538 | 63.5111 | 58.7477 | 52.8730 |
| 4 | 95.3105 | 90.5450 | 83.7541 | 75.3787 |
| 5 | 121.5596 | 115.4818 | 106.8205 | 96.1385 |
| 6 | 145.4701 | 138.1966 | 127.8318 | 115.0486 |
| 7 | 167.8551 | 159.4623 | 147.5027 | 132.7524 |

- Orden de Nacimiento igual a cuatro hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 51.53453(1.15044)^x(0.01903)^{0.80524^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 48.95781(1.15044)^x(0.01903)^{0.80524^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 45.28597(1.15044)^x(0.01903)^{0.80524^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 40.75737(1.15044)^x(0.01903)^{0.80524^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Las Tasas Acumuladas por edad estimadas para este orden de nacidos vivos fueron las siguientes:

Cuadro 39

| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|----------|----------|----------|---------|
| 0 | 0.9808 | 0.9317 | 0.8619 | 0.7757 |
| 1 | 5.3906 | 5.1211 | 4.7370 | 4.2633 |
| 2 | 15.9800 | 15.1810 | 14.0425 | 12.6382 |
| 3 | 32.6017 | 30.9716 | 28.6488 | 25.7839 |
| 4 | 53.0502 | 50.3978 | 46.6178 | 41.9560 |
| 5 | 75.2816 | 71.5175 | 66.1537 | 59.5383 |
| 6 | 98.3360 | 93.4192 | 86.4128 | 77.7715 |
| 7 | 122.1892 | 116.0607 | 107.3562 | 96.6205 |

- Orden de Nacimiento igual a cinco hijos nacidos vivos.

En 1990

$$y_x = 44.51699(1.15171)^x(0.00757)^{0.66635^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2000

$$y_x = 42.29114(1.15171)^x(0.00757)^{0.66635^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2005

$$y_x = 39.11930(1.15171)^x(0.00757)^{0.66635^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

En 2010

$$y_x = 35.20737(1.15171)^x(0.00757)^{0.66635^x} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

Las Funciones de Makeham anteriores describen el comportamiento de las Tasas Acumuladas por Edad para este orden de nacimiento, con ellas se calcularon los siguientes valores:

Cuadro 30

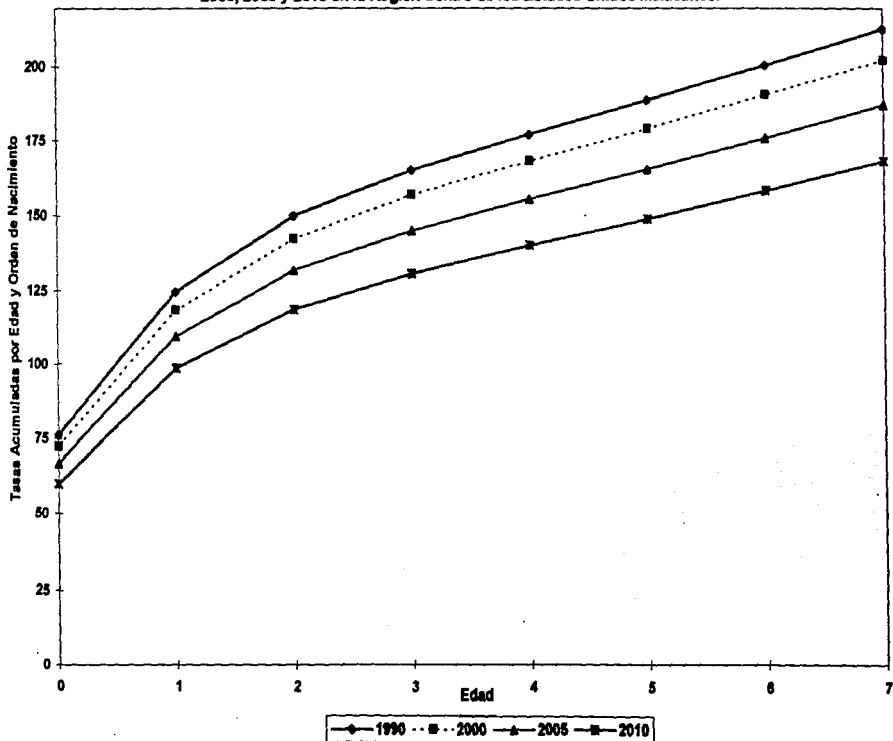
| x | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|---------|---------|---------|---------|
| 0 | 0.3369 | 0.3201 | 0.2960 | 0.2964 |
| 1 | 1.9601 | 1.8621 | 1.7224 | 1.5502 |
| 2 | 6.6643 | 6.3311 | 5.8563 | 5.2707 |
| 3 | 15.8242 | 15.0330 | 13.9055 | 12.5150 |
| 4 | 29.5580 | 28.0801 | 25.9741 | 23.3767 |
| 5 | 47.0306 | 44.6790 | 41.3281 | 37.1953 |
| 6 | 67.2256 | 63.8643 | 59.0745 | 53.1670 |
| 7 | 89.4493 | 84.9768 | 78.6035 | 70.7432 |

Es sin duda la región centro donde un mayor número de población se concentra, sin embargo las tasas acumuladas de fecundidad destacan por no ser las más altas de las regiones observadas. Lo que muestra que el nacimiento de infantes en esta región está más controlado, ya sea porque los programas de control natal y la orientación a las parejas es mayor o por que los niveles de educación y concepto de la maternidad es diferente. Sin embargo, no por ello deja de ser importante la utilidad de proyectar estas tasas para tener bases matemáticas que soporten y guíen los programas regionales y nacionales de población.

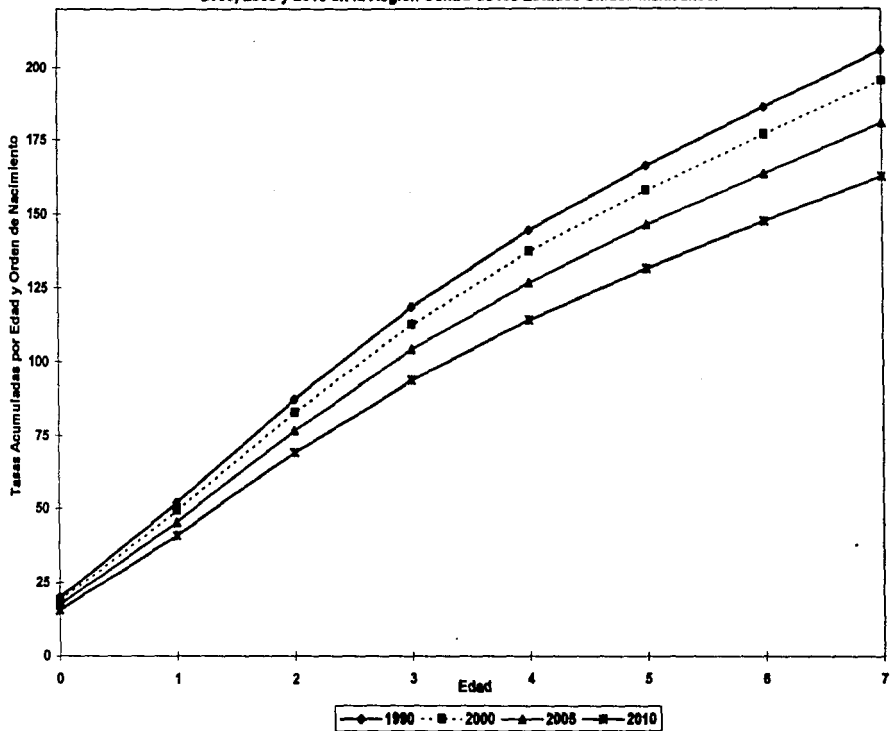
Con esta región se finaliza la presentación de proyecciones para las ocho regiones en las que fue dividida la República Mexicana, para su análisis. Cabe destacar la gran importancia de la Función de Makeham en este proceso, siendo precisamente esta la principal protagonista de este trabajo.

Como sucedió con las otras regiones, a continuación se presentan las gráficas de las proyecciones anteriores.

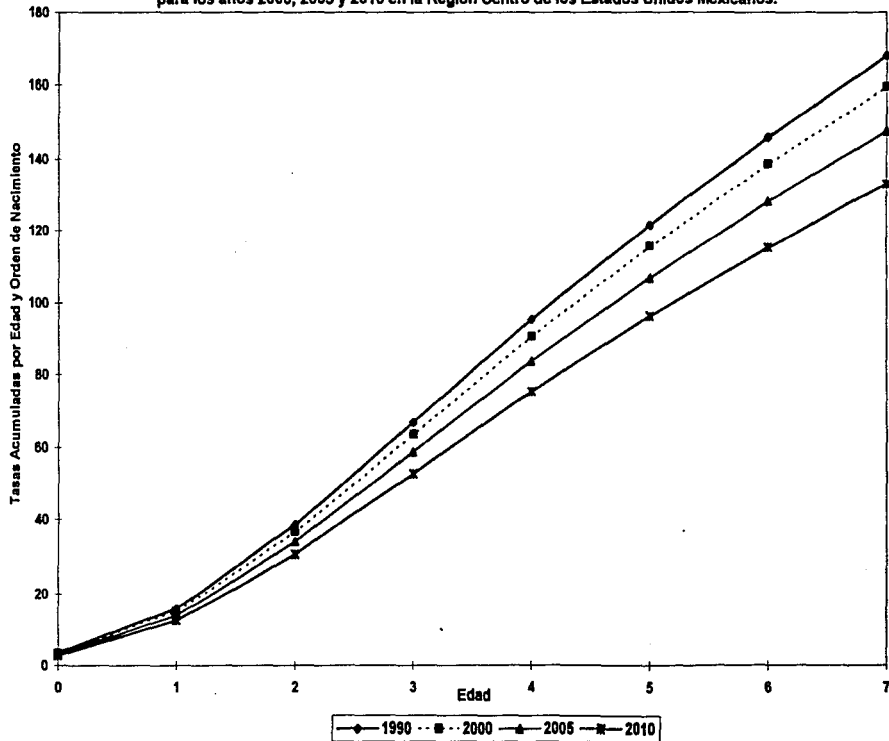
Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a uno para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Centro de los Estados Unidos Mexicanos.



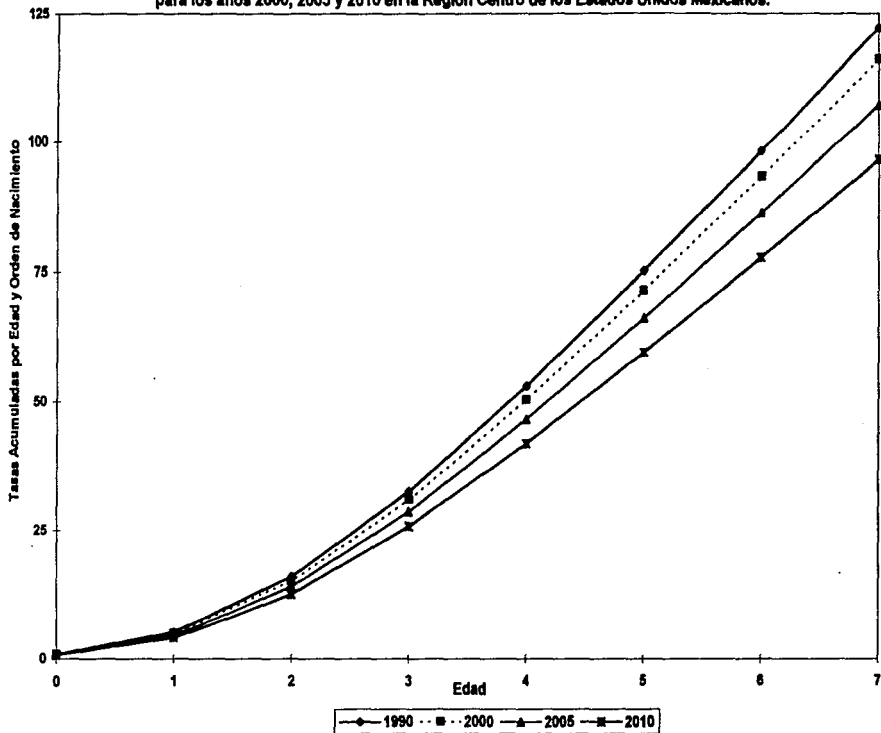
Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a dos para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Centro de los Estados Unidos Mexicanos.



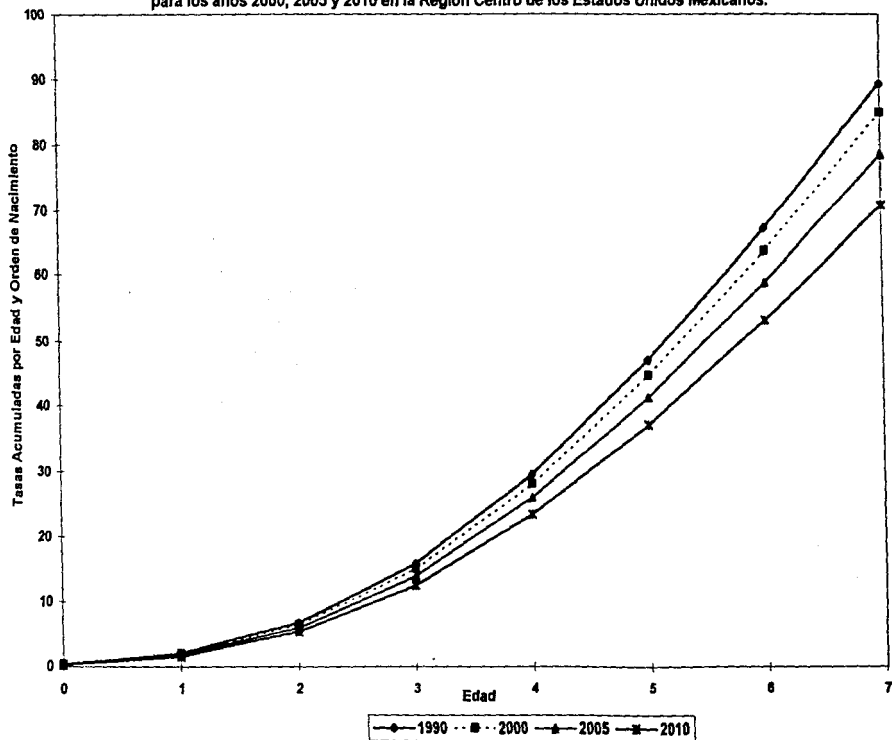
Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a tres para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Centro de los Estados Unidos Mexicanos.



Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento Igual a cuatro para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Centro de los Estados Unidos Mexicanos.



Proyección de las Tasas Acumuladas por Edad y Orden de Nacimiento igual a cinco para los años 2000, 2005 y 2010 en la Región Centro de los Estados Unidos Mexicanos.



CONCLUSIONES

Analizando los resultados obtenidos podemos concluir una serie de situaciones que se observaron a través del presente trabajo. En primer lugar la aplicación del método de los grupos no superpuestos para el cálculo de los parámetros K, a, b y d de la Función de Makeham, corresponde el primer paso para lograr la estimación de los valores de las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento para los Estados Unidos Mexicanos en 1990.

Este método como se puede comprobar es sólo una opción para el cálculo buscado, ya que existen otras alternativas que pueden aplicarse como es el caso de el método de los grupos superpuestos.

Sin embargo, el método aquí empleado resultó sencillo de establecer y sobre todo de aplicar, sin olvidar que el cálculo correcto de las tasas observadas garantizan una mayor confiabilidad. La característica de función de ajuste de la Función de Makeham permite disminuir los posibles errores que humana y técnicamente pueden suscitarse al levantar un censo. Aunado a esto la aplicación de un método de corrección de valores, siempre será de gran ayuda para mejorar los valores obtenidos.

Fueron de gran ayuda los resultados estadísticos aplicados durante la realización de estos métodos, como fueron el cálculo del Coeficiente de Correlación, el Error Relativo o el cálculo de los coeficientes de regresión lo que muestra la interrelación que existe entre disciplinas

Como se pudo observar las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento, tanto a nivel nacional como regional, pudieron reproducirse con un alto grado de correlación entre las tasas observadas y las estimadas a través de la Función de Makeham con sus parámetros corregidos. Así mismo el cálculo del Error Relativo permitió establecer con mayor seguridad la eficiencia de la Función de Makeham para la reproducción de estimaciones. Tal como lo mostró el cálculo del Coeficiente de Correlación para cada caso, el cual a nivel nacional varió entre el 0.99993508 para el orden de dos hijos nacidos vivos y el 0.99998792 para el orden de cuatro hijos nacidos

vivos. Coeficientes cuya aproximación a uno es realmente significativa. Y como se muestra en el apartado IV, los coeficientes obtenidos cada una de las regiones y para cada orden de nacido vivo presentan resultados semejantes. Mientras que los Errores Relativos calculados varían entre un 0.05% del orden de tres hijos nacidos vivos a un - 0.002% para el orden de dos hijos vivos nacidos vivos, esto a nivel nacional; lo cual nos demostró la eficiencia de la Función de Makeham en la estimación de las Tasas Acumuladas por orden de nacimiento.

Dentro de los datos obtenidos tenemos que a nivel nacional la Tasa Acumulada por orden de nacimiento igual a uno en promedio fue de 153.753% mientras que la región Sur presentó la Tasa promedio más pequeña con un 130.017% con respecto a la media nacional. Por otra parte, la Región Centro Periférico se distinguió por tener la tasa promedio más alta, la cual fue de 344.990%.

Para el orden de nacimiento igual a dos, a nivel nacional se presentó una tasa promedio de 115.861% y a nivel regional fue la Región Pacífico Norte, la región que presenta la menor tasa promedio, 106.465%. Mientras que nuevamente la Región Centro Periférico, presenta la tasa más alta con 339.088%.

Es en la Región Centro donde a partir del orden de nacimiento igual a tres, se presentan las menores tasas promedio, para el orden de nacimiento igual a tres una tasa del 81.886% contra una tasa a nivel nacional de 84.199%. Para el cuarto orden, una tasa del 50.474% y para el quinto, una tasa del 32.256 contra las tasas 56.841 y 39.421% a nivel República Mexicana.

Y es en la Región Centro Periférico donde se presentan las tasas más altas como pudo observarse: para el orden de nacido vivo igual a tres, la tasa fue de 266.330%, para el orden de nacido vivo igual a cuatro de 183.130% y para el último orden de 125.882%.

Como un punto a comentar se encuentran los resultados obtenidos en los parámetros para la Región Norte y Región Pacífico Norte en el orden del quinto hijo

nacido vivo, cuyos valores salieron más allá de la tendencia observada para los otros órdenes de nacimiento. Esto sin embargo, no afectó el cálculo de la estimación.

Por otra parte las proyecciones que se proponen para los años 2000, 2005 y 2010, representan una forma de estimar estas tasas, puede proponerse como un futuro estudio la realización de las proyecciones a través de la Función de Makeham considerando la información de los censos anteriores, lo cual podrá aportar un enfoque diferente. Sin embargo considero que la variación en los parámetros de la Función de Makeham es una buena propuesta para predecir futuros valores.

Los resultados obtenidos con la aplicación de el método en los cinco casos de órdenes de nacimiento para las siete regiones y a nivel nacional ratifican la valiosa aportación que implica la Función de Makeham.

El objetivo del presente trabajo se cumplió al lograr estimar con gran confiabilidad las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento para los Estados Unidos Mexicanos en 1990 a través de la Función de Makeham, además de presentar las proyecciones para los años 2000, 2005 y 2010 de dichas tasas.

Pero sobre todo considero que la principal contribución de este trabajo es la demostración de que la Función de Makeham, puede ser un modelo matemático de gran utilidad en la reproducción del fenómeno demográfico de la fecundidad visto a través de las Tasas Acumuladas de Fecundidad. Por lo tanto, es posible considerar que dentro de los alcances obtenidos con este trabajo se encuentra el corroborar en gran medida las hipótesis de Albino Bocaz, quien al proponer la Función de Makeham en diversas aplicaciones de la Demografía, abre las puertas a un sin fin de posibilidades de estudio y soluciones.

Existen pues, grandes posibilidades y suficiente campo de estudio para quienes con interés y aplicación deseen aportar sus conocimientos en la afinación de herramientas que apoyen el análisis de las variables demográficas, y cuyos resultados aporten elementos importantes en la planeación de los recursos de nuestro país.

ANEXO

Resultados necesarios para el cálculo de los parámetros de la Función de Makeham que estima las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento igual dos para los Estados Unidos Mexicanos en 1990.

Cuadro 1

| Grupo | Edad x | y_x | $\log y_x$ | S | ΔS | $\Delta^2 S$ |
|-------|--------|---------|------------|---------|------------|--------------|
| 1 | 0 | 20.504 | 1.31183 | 3.03980 | | |
| | 1 | 53.452 | 1.72797 | | | |
| 2 | 2 | 85.948 | 1.93424 | 3.98723 | 0.94742 | |
| | 3 | 112.977 | 2.05299 | | | |
| 3 | 4 | 135.108 | 2.13067 | 4.32064 | 0.33341 | -0.61401 |
| | 5 | 154.868 | 2.18996 | | | |
| 4 | 6 | 173.000 | 2.23804 | 4.51897 | 0.19833 | -0.13508 |
| | 7 | 190.952 | 2.28092 | | | |

Con estos resultados se estimaron los parámetros a, b y d, los cuales son:

$$a = 1.09663 \quad b = 0.20560$$

$$d = 0.46903$$

Mientras que para calcular el parámetro K, se utilizaron los siguientes resultados:

Cuadro 2

| x | a^x | d^x | b^x | $V_x = a^x b^x d^x$ | V_x^2 | y_x | $y_x V_x^2$ |
|---|---------|---------|---------|---------------------|---------------|---------|------------------|
| 0 | 1.00000 | 1.00000 | 0.20560 | 0.20560 | 0.04227 | 20.504 | 4.21554 |
| 1 | 1.09663 | 0.46903 | 0.47620 | 0.52221 | 0.27270 | 53.452 | 27.91347 |
| 2 | 1.20259 | 0.21999 | 0.70611 | 0.84918 | 0.72108 | 85.948 | 72.98436 |
| 3 | 1.31880 | 0.10318 | 0.84941 | 1.12020 | 1.25485 | 112.977 | 126.55644 |
| 4 | 1.44823 | 0.04839 | 0.92630 | 1.33965 | 1.79467 | 135.108 | 180.99471 |
| 5 | 1.58598 | 0.02270 | 0.96473 | 1.53005 | 2.34105 | 154.868 | 236.95573 |
| 6 | 1.73923 | 0.01065 | 0.98330 | 1.71019 | 2.92475 | 173.000 | 295.86201 |
| 7 | 1.90729 | 0.00499 | 0.99213 | 1.89229 | 3.58075 | 190.952 | 361.33669 |
| | | | | | 12.832 | | 1,306.818 |

Por lo tanto:

$$K = 101.05214$$

Resultados necesarios para el cálculo de los parámetros de la Función de Makeham que estima las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento igual tres para los Estados Unidos Mexicanos en 1990.

Cuadro 3

| Grupo | Edad x | y_x | $\log y_x$ | S | ΔS | $\Delta^2 S$ |
|-------|-----------|---------|------------|---------|------------|--------------|
| 1 | 0 | 3.503 | 0.54448 | | | |
| | 1 | 18.292 | 1.26228 | 1.80674 | | |
| 2 | 2 | 42.213 | 1.62544 | | | |
| | 3 | 70.645 | 1.84908 | 3.47453 | 1.66778 | |
| 3 | 4 | 98.753 | 1.99455 | | | |
| | 5 | 124.348 | 2.09464 | 4.08919 | 0.61466 | -1.05312 |
| 4 | 6 | 147.218 | 2.16796 | | | |
| | 7 | 168.282 | 2.22604 | 4.39400 | 0.30481 | -0.30985 |

Con estos resultados se estiman los parámetros a, b y d, los cuales son:

$$a = 1.10639 \quad b = 0.04259$$

$$d = 0.54242$$

Y los siguientes resultados permiten estimar el parámetro K:

Cuadro 4

| x | a^x | d^x | b^{d^x} | $V_x = a^x b^{d^x}$ | V_x^2 | y_x | $y_x V_x^2$ |
|---|---------|---------|-----------|---------------------|-----------------|---------|------------------|
| 0 | 1.00000 | 1.00000 | 0.04259 | 0.04259 | 0.00181 | 3.503 | 0.14921 |
| 1 | 1.10639 | 0.54242 | 0.18051 | 0.19972 | 0.03989 | 18.292 | 3.65324 |
| 2 | 1.22411 | 0.29422 | 0.39510 | 0.48365 | 0.23392 | 42.213 | 20.41619 |
| 3 | 1.35434 | 0.15959 | 0.60429 | 0.81842 | 0.66981 | 70.645 | 57.81733 |
| 4 | 1.49844 | 0.08657 | 0.78093 | 1.14020 | 1.30006 | 98.753 | 112.59818 |
| 5 | 1.65786 | 0.04696 | 0.88228 | 1.42951 | 2.04349 | 124.348 | 177.75704 |
| 6 | 1.83425 | 0.02547 | 0.92278 | 1.89257 | 2.86479 | 147.218 | 249.17746 |
| 7 | 2.02940 | 0.01382 | 0.95733 | 1.94281 | 3.77453 | 168.282 | 326.94089 |
| | | | | | 10.92830 | | 948.50954 |

Por lo tanto:

$$K = 86.79389$$

Resultados necesarios para el cálculo de los parámetros de la Función de Makeham que estima las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento igual cuatro para los Estados Unidos Mexicanos en 1990.

Cuadro 5

| Grupo | Edad x | y_x | $\log y_x$ | S | ΔS | $\Delta^2 S$ |
|-------|--------|---------|------------|---------|------------|--------------|
| 1 | 0 | 1.049 | 0.02094 | | | |
| | 1 | 8.440 | 0.80886 | 0.82980 | | |
| 2 | 2 | 19.617 | 1.29263 | | | |
| | 3 | 38.695 | 1.58766 | 2.88029 | 2.05049 | |
| 3 | 4 | 61.387 | 1.78807 | | | |
| | 5 | 85.187 | 1.93037 | 3.71845 | 0.83816 | -1.21233 |
| 4 | 6 | 109.369 | 2.03889 | | | |
| | 7 | 132.820 | 2.12326 | 4.16216 | 0.44371 | -0.39445 |

Con estos resultados podemos estimar los parámetros a, b y d, los cuales son:

$$a = 1.15710$$

$$d = 0.57040$$

$$b = 0.02013$$

El parámetro K se estima a partir de la siguiente información:

Cuadro 6

| x | a^x | d^x | b^{d^x} | $V_x = a^x b^{d^x}$ | V_x^2 | y_x | $y_x V_x^2$ |
|---|---------|---------|-----------|---------------------|-----------------|---------|------------------|
| 0 | 1.00000 | 1.00000 | 0.02013 | 0.02013 | 0.00041 | 1.049 | 0.02112 |
| 1 | 1.15710 | 0.57040 | 0.10777 | 0.12470 | 0.01555 | 6.440 | 0.80302 |
| 2 | 1.33887 | 0.32536 | 0.28063 | 0.37573 | 0.14117 | 19.617 | 7.37059 |
| 3 | 1.54921 | 0.18559 | 0.48441 | 0.75045 | 0.56317 | 38.695 | 29.03889 |
| 4 | 1.79258 | 0.10586 | 0.68137 | 1.18556 | 1.40555 | 61.387 | 72.77752 |
| 5 | 2.07419 | 0.06038 | 0.78991 | 1.63843 | 2.68446 | 85.187 | 139.57271 |
| 6 | 2.40004 | 0.03444 | 0.87414 | 2.09796 | 4.40144 | 109.369 | 229.45193 |
| 7 | 2.77708 | 0.01965 | 0.92614 | 2.57196 | 6.61499 | 132.820 | 341.60795 |
| | | | | | 15.82674 | | 820.64372 |

Por lo tanto:

$$K = 51.85171$$

Resultados necesarios para el cálculo de los parámetros de la Función de Makeham que estima las Tasas Acumuladas por edad y orden de nacimiento igual cinco para los Estados Unidos Mexicanos en 1990.

Cuadro 7

| Grupo | Edad x | y_x | $\log y_x$ | S | ΔS | $\Delta^2 S$ |
|-------|--------|---------|------------|---------|------------|--------------|
| 1 | 0 | 0.482 | -0.31717 | 0.03098 | | |
| | 1 | 2.229 | 0.34815 | | | |
| 2 | 2 | 8.968 | 0.95272 | 2.27672 | 2.24574 | |
| | 3 | 21.086 | 1.32400 | | | |
| 3 | 4 | 37.960 | 1.57932 | 3.34528 | 1.06857 | -1.17717 |
| | 5 | 58.339 | 1.76596 | | | |
| 4 | 6 | 81.278 | 1.90997 | 3.93111 | 0.58583 | -0.48274 |
| | 7 | 104.988 | 2.02114 | | | |

Con estos resultados se estiman los parámetros a, b y d, los cuales son:

$$a = 1.15495 \quad b = 0.00867$$

$$d = 0.64038$$

Mientras que el parámetro K se calcula a partir de los siguientes resultados:

| x | a^x | d^x | b^{a^x} | $V_x = a^x b^{a^x}$ | V_x^2 | y_x | $y_x V_x^2$ |
|---|---------|---------|-----------|---------------------|-----------------|---------|------------------|
| 0 | 1.00000 | 1.00000 | 0.00867 | 0.00867 | 0.00008 | 0.482 | 0.00418 |
| 1 | 1.15495 | 0.64038 | 0.04780 | 0.05521 | 0.00305 | 2.229 | 0.12307 |
| 2 | 1.33390 | 0.41008 | 0.14268 | 0.19032 | 0.03622 | 8.968 | 1.70684 |
| 3 | 1.54058 | 0.26281 | 0.20739 | 0.44274 | 0.19602 | 21.086 | 9.33578 |
| 4 | 1.77829 | 0.16817 | 0.45000 | 0.80068 | 0.64109 | 37.960 | 30.39360 |
| 5 | 2.05498 | 0.10789 | 0.59969 | 1.23235 | 1.51868 | 58.339 | 71.89423 |
| 6 | 2.37339 | 0.06896 | 0.72076 | 1.71063 | 2.92527 | 81.278 | 139.03660 |
| 7 | 2.74114 | 0.04416 | 0.81083 | 2.22260 | 4.93995 | 104.988 | 233.34552 |
| | | | | | 10.26135 | | 485.83982 |

Por lo tanto:

$$K = 47.34659$$

BIBLIOGRAFÍA

BOCAZ, Albino, El uso de la Ley de Makeham como función demográfica. Notas de Población CELADE Año II Vol. 6 1974.

MENDENHALL William, SCHEAFFER Richard. Estadística Matemática con Aplicaciones. México, 1986.

MINA Valdez, Alejandro. Consideraciones sobre modelos de ajuste empleados en al Demografía Matemática, En Demografía y Economía, Vol. 16 2 (50) México, 1982.

MINA Valdez., Alejandro. Notas de Clase del Curso de Demografía I. Facultad de Ciencias UNAM 1992.

MINA Valdez., Alejandro. Demografía, Serie: Notas de Clase Vinculos Matemáticos No. 1996, Departamento de Matemáticas, Facultad de Ciencias UNAM.

Nueva Enciclopedia Temática Vol. 7 México 1995. Editorial Cumbre, S. A.

XI Censo de Población y Vivienda de 1990 de los Estados Unidos Mexicanos.