

Estimación del crecimiento poblacional para los estados costeros de México

Isaac Azuz Adeath y Evelia Rivera Arriaga

*Centro de Enseñanza Técnica y Superior. Campus Ensenada/
Universidad Autónoma de Campeche*

Resumen

El presente estudio muestra los resultados derivados de la aplicación de un modelo teórico de crecimiento poblacional (sigmoidal boltziano), construido a partir de la información censal disponible para cada estado costero de México (del año 1930 al 2000). El modelo fue validado y calibrado usando los resultados preliminares del II Conteo de Población y Vivienda del año 2005. Los pronósticos de crecimiento poblacional se realizaron de forma anual para el periodo comprendido entre el año 2006 y el 2030. Para el año 2030 se estima una población total de 58.8 millones de personas en los estados costeros de México. Se estima para este año una población total en los estados costeros de 64.2 millones de personas.

Palabras clave: crecimiento poblacional, estimación del crecimiento poblacional, estado costero, México.

Abstract

Population growth estimation for the coastal states of Mexico

This paper shows the results obtained with a theoretical population growth model (sigmoidal boltziano), developed using the census information for each Mexican coastal state (during the period 1930-2000). The model was validated and calibrated using the population counting (2005). The annual population growth forecast comprises the period between 2006 and 2030. For year 2030, a total of 58.8 million people was predicted. With the population counting data of 2005 the sigmoidal model was corrected and a decadal forecast until 2050 was obtained. For the reference year (2050), the total population for the Mexican coastal zone will be 64.2 million people.

Key words: population growth, population growth estimation, coastal state, Mexico.

Introducción

Los 17 estados costeros de México constituyen 56.3 por ciento de la superficie continental del país y concentraban en el año 2005 a 47 194 599 habitantes (Conapo, 2006), lo que correspondía a 45.8 por ciento de la población total. El crecimiento poblacional de los estados costeros en general, y en particular de los municipios con frente litoral, constituye una

de las variables sociodemográficas más relevantes desde el punto de vista de la planeación y el manejo costero, debido, entre otros factores, a que permite tener una estimación de las necesidades básicas que se requiere satisfacer; de la presión que este proceso impone sobre el medio ambiente y de las modificaciones en los patrones de riesgo y vulnerabilidad a los que la población pudiera estar expuesta.

Los cambios que experimenta la población total de un estado costero al paso del tiempo determinan cambios en las necesidades vitales, como: vivienda, servicios de salud y de educación; empleo, transportes y vialidades; seguridad, áreas recreativas y deportivas; abastecimiento, conducción y disposición de agua; energía y manejo de residuos.

Estos patrones de aumento poblacional, al darse en espacios territoriales cerrados y definidos (límites estatales), producen invariablemente presión sobre los bienes y servicios ambientales, modificaciones en los patrones de desarrollo urbano y sus redes de servicios (agua, luz, alcantarillado, telefonía, drenaje, plantas de tratamiento de aguas negras, etc.), alteraciones en la estructura y tejido social, modificaciones en los patrones de consumo y producción, para finalmente alterar de manera significativa la calidad de vida de la población local.

Los cambios que experimenta la población total de los estados y municipios costeros de México son un fenómeno que requiere una atención especial para los procesos de: ordenamiento territorial, manejo integral costero, programas estatales de desarrollo, planes municipales de desarrollo, programas de desarrollo regional y urbano, entre otros instrumentos de planeación.

La correcta interpretación y predicción de los patrones de crecimiento poblacional permite concebir, definir y establecer políticas, planes y programas de largo plazo, con una visión más clara de las necesidades locales que deberán ser satisfechas, de las presiones que sufrirá el medio ambiente y del incremento en los riesgos y en la vulnerabilidad de las regiones para las cuales se realiza el pronóstico.

Desde el punto de vista de la planeación a largo plazo resulta igualmente importante conocer tanto el número total de habitantes de una región (estado o municipio) como la rapidez con que dicho número cambia en el tiempo, al igual que la estructura de edades que presenta la población.

El presente documento se centra en las proyecciones realizadas sobre el crecimiento de la población total de los estados costeros de México para el periodo comprendido entre el año 2005 y el año 2030, como primera

Estimación del crecimiento poblacional para los estados costeros de México / I. Azuz y E. Rivera

aproximación, y hasta 2050 con el mismo modelo pero corregido con los datos del Conteo de Población y Vivienda del año 2005.

El cuadro 1 presenta la población total registrada en los estados costeros de México durante los censos poblacionales de 1980, 1990 y 2000, al igual que los conteos de población de 1995 y 2005; en este último caso, con los resultados preliminares (INEGI, 2006; Conapo, 2006).

CUADRO 1
POBLACIÓN TOTAL DE LOS ESTADOS COSTEROS DE MÉXICO

Estado	1980	1990	1995	2000	2005
BC	1 177 886	1 660 855	2 112 140	2 487 367	2 842 199
BCS	215 139	317 764	375 494	424 041	516 764
SON	1 513 731	1 823 606	2 085 536	2 216 969	2 384 251
SIN	1 849 879	2 204 054	2 425 675	2 536 844	2 609 976
NAY	726 120	824 643	896 702	920 185	942 589
JAL	4 371 998	5 302 689	5 991 176	6 322 002	6 652 232
COL	346 293	428 510	488 028	542 627	562 277
MICH	2 868 824	3 548 199	3 870 604	3 985 667	3 988 295
GRO	2 109 513	2 620 637	2 916 567	3 079 649	3 116 453
OAX	2 369 076	3 019 560	3 228 895	3 438 765	3 521 715
CHIS	2 084 717	3 210 496	3 584 786	3 920 892	4 255 790
TAM	1 924 484	2 249 581	2 527 328	2 753 222	3 020 225
VER	5 387 680	6 228 239	6 737 324	6 908 975	7 080 731
TAB	1 062 961	1 501 744	1 748 769	1 891 829	2 012 902
CAM	420 553	535 185	642 516	690 689	751 413
YUC	1 063 733	1 362 940	1 556 622	1 658 210	1 802 578
QROO	225 985	493 277	703 536	874 963	1 134 209
Total	29 718 572	37 331 979	41 891 698	44 652 896	47 194 599

Fuente: INEGI, 2006 y Conapo, 2006.

La tabla muestra que Veracruz, en la costa oriental del país, ha mantenido los mayores niveles de población en los últimos treinta años, seguido de Jalisco en la costa oeste. Por otra parte, Baja California Sur con la mayor extensión de costas de México, ha presentado en ese mismo periodo el menor número de pobladores y, como consecuencia de su extensión territorial, la menor densidad de población.

En el caso de la costa este, Campeche presenta el menor número de pobladores de la vertiente del Golfo de México y Mar Caribe.

Para los estados costeros de México, el número de pobladores registrados en el año 2000 se relaciona de manera inversa con la tasa de crecimiento poblacional media anual calculada para el periodo 1990 a 2000. Esto significa que los estados con mayor población presentan, en general, tasas de crecimiento más bajas que aquéllos que tienen un número de pobladores menor.

La gráfica 1 muestra el diagrama de dispersión y los parámetros del modelo de regresión lineal, calculado para las variables antes mencionadas. Se asume que la población total depende de la tasa de crecimiento media anual.

La gráfica 1 muestra que estados como Veracruz y Jalisco, con los más altos valores de población total (por arriba de los seis millones de habitantes), presentan tasas de crecimiento poblacional menores a dos, mientras que estados como Baja California y Quintana Roo, con poblaciones menores de tres millones, presentan las tasas de crecimiento medias anuales más elevadas (mayor que cuatro).

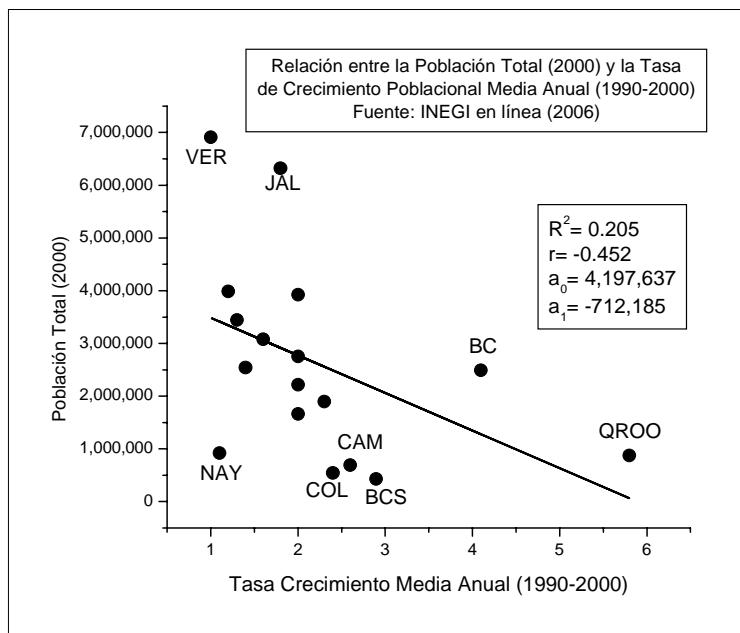
Al hacer este mismo análisis de manera independiente para los estados de la costa oeste (litoral del Pacífico y Mar de Cortés) y para los de la costa este (Golfo de México y Mar Caribe), los resultados muestran un comportamiento similar, es decir, correlaciones lineales negativas y poco significativas entre la tasa de crecimiento poblacional y la población total.

Este fenómeno tiene importantes consecuencias sobre el tipo de modelo que se pretenda usar para pronosticar el crecimiento poblacional, puesto que se pudiera pensar que los estados con mayor población han entrado en niveles de estabilidad poblacional, mientras que aquéllos con poca población experimentan todavía crecimientos acelerados de carácter exponencial.

Las gráficas 2 y 3 muestran el comportamiento para los estados de la costa oeste y este, respectivamente.

El cuadro 2 muestra la tasa de crecimiento media anual (en porcentaje), para las diferentes entidades federativas de la república mexicana.

GRÁFICA 1
RELACIÓN ENTRE LA TASA DE CRECIMIENTO MEDIA ANUAL DURANTE
EL PERÍODO 1990-2000 Y LA POBLACIÓN TOTAL DE LOS ESTADOS
COSTEROS DE MÉXICO EN EL 2000



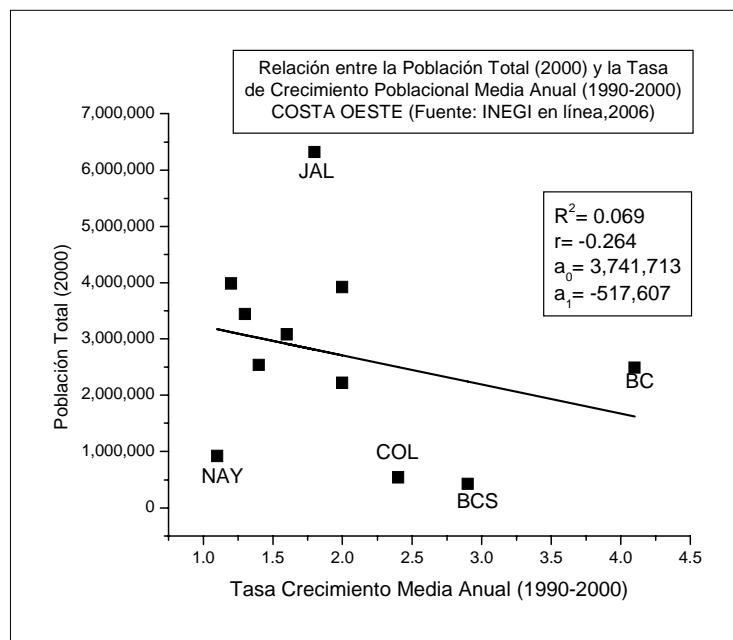
Fuente: INEGI en línea (2006). Modelo del autor.

Con excepción de Colima, Chiapas y Oaxaca, todos los estados costeros presentan una desaceleración en la tasa de crecimiento media anual entre los períodos 1990-1995 y 1995-2000.

La población total de un país o Estado depende del comportamiento de fenómenos como la natalidad, la mortalidad y la migración (López, 2002). Las siguientes gráficas y tablas muestran la forma en que se dan estos procesos en los estados costeros.

El cuadro 3 muestra la matriz de correlación entre la población total medida el año 2005, la tasa bruta de natalidad del mismo año, la tasa de crecimiento media anual que se dio entre los años 1990 al 2000 y el porcentaje respecto al total nacional de las defunciones promedio registrada, durante los años 2001 a 2004.

GRÁFICA 2
RELACIÓN ENTRE LA TASA DE CRECIMIENTO MEDIA ANUAL DURANTE
EL PERÍODO 1990-2000 Y LA POBLACIÓN TOTAL DE LOS ESTADOS
DE LA COSTA OESTE DE MÉXICO EN EL 2000



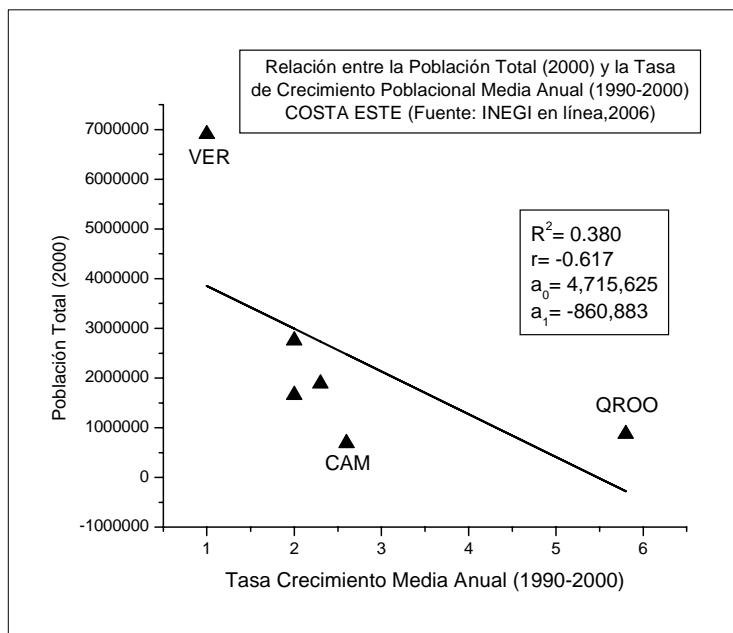
Fuente: INEGI en línea (2006). Modelo del autor.

La poco significativa correlación entre la población total y la tasa bruta de natalidad, al igual que la relación inversa entre la población total y la tasa de crecimiento media anual, pudieran poner de manifiesto la importancia de los procesos migratorios en los estados costeros del país.

Para visualizar este fenómeno, la gráfica 5 presenta para cada estado costero la tasa neta migratoria (inmigrantes-emigrantes) registrada en el censo del año 2000 (INEGI, 2001).

En el cuadro 4 se presenta la matriz de correlación que resulta al incorporar la migración neta medida durante el año 2000. Las demás variables han sido definidas con anterioridad.

GRÁFICA 3
RELACIÓN ENTRE LA TASA DE CRECIMIENTO MEDIA ANUAL DURANTE
EL PERÍODO 1990-2000 Y LA POBLACIÓN TOTAL DE LOS ESTADOS
DE LA COSTA ESTE DE MÉXICO EN EL 2000



Fuente: INEGI en línea (2006). Modelo del autor.

El cuadro 2 muestra que la tasa de crecimiento media anual registrada en los estados costeros de México presenta una importante correlación positiva con el flujo neto migratorio.

En contraste, la población total registrada en el año 2000 presenta una correlación negativa moderada con el mencionado flujo migratorio. Este fenómeno se explica por el hecho de que no necesariamente los estados con mayor (menor) población son los que más ganan (pierden) habitantes migratorios.

La similitud que guarda el comportamiento de los estados costeros del país en términos de las variables que se han venido manejando en las matrices de correlación puede describirse de manera gráfica por medio de un diagrama de árbol, empleando en la agrupación, como medida del parecido entre estados, la distancia euclíadiana y el coeficiente de correlación lineal.

CUADRO 2
TASA DE CRECIMIENTO MEDIA ANUAL PORCENTUAL

Entidad federativa	1990-1995	1995-2000	1990-2000
México	2	1.6	1.8
Aguascalientes	3.2	2.1	2.7
Baja California	4.3	3.8	4.1
Baja California Sur	3	2.8	2.9
Campeche	3.2	1.7	2.6
Coahuila	1.7	1.3	1.5
Colima	2.3	2.5	2.4
Chiapas	2	2.1	2
Chihuahua	2.4	2.1	2.2
Distrito Federal	0.5	0.3	0.4
Durango	1	0.3	0.7
Guanajuato	1.8	1.3	1.6
Guerrero	1.9	1.3	1.6
Hidalgo	2	1.3	1.7
Jalisco	2.2	1.3	1.8
México	3.1	2.6	2.9
Michoacán	1.5	0.7	1.2
Morelos	3.3	1.8	2.7
Nayarit	1.5	0.6	1.1
Nuevo León	2.4	1.8	2.1
Oaxaca	1.2	1.5	1.3
Puebla	2	2.2	2.1
Querétaro	3.1	2.7	2.9
Quintana Roo	6.3	5.1	5.8
San Luis Potosí	1.7	1	1.4
Sinaloa	1.7	1	1.4
Sonora	2.4	1.4	2
Tabasco	2.7	1.8	2.3
Tamaulipas	2.1	2	2
Tlaxcala	2.6	2	2.4
Veracruz	1.4	0.6	1
Yucatán	2.3	1.5	2
Zacatecas	0.8	0.3	0.6

Fuente: INEGI, 1992, 1997, 2001.

CUADRO 3
MATRIZ DE CORRELACIÓN ENTRE DIFERENTES VARIABLES
POBLACIONALES PARA LOS ESTADOS COSTEROS DE MÉXICO

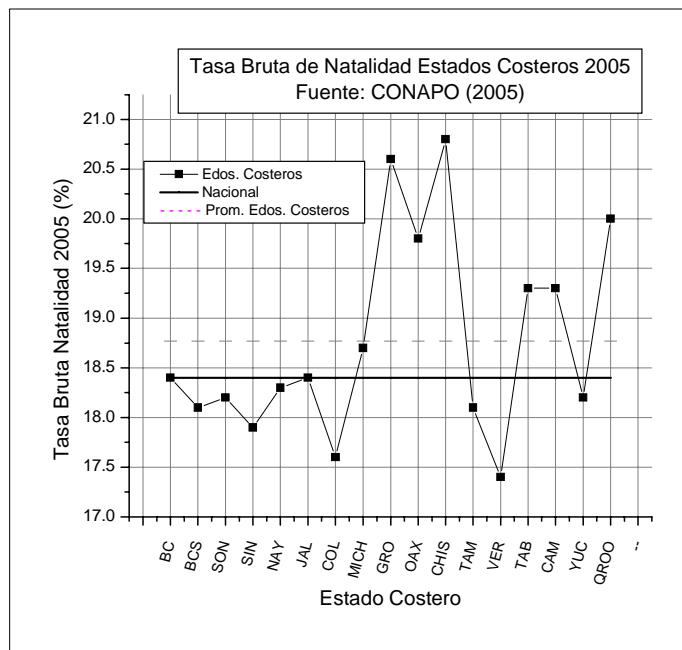
	Población total	Tasa de natalidad	Crecimiento poblacional	Defunciones (%)
Población total	1.0000	-0.0259	-0.4153	0.9880
Tasa de natalidad	-0.0259	1.0000	0.2191	-0.1254
Crecimiento poblacional	-0.4153	0.2191	1.0000	-0.4611
% de defunciones	0.9880	-0.1254	-0.4611	1.0000

Las diferencias observadas entre los dos métodos de agrupación se deben fundamentalmente al hecho de que mientras la distancia euclíadiana incorpora la diferencia entre cada punto de análisis (comparación entre las variables demográficas estudiadas de los estados costeros), los grupos formados utilizando el coeficiente de correlación de Pearson están determinados por el nivel de correlación lineal existente entre el conjunto de variables seleccionadas.

Finalmente, en lo que respecta a la estructura poblacional de los estados costeros en términos de edades, Guerrero, Chiapas, Oaxaca y Michoacán presentan el porcentaje mayor de jóvenes (0 a 14 años); Baja California Sur, Sonora y Tamaulipas, los valores porcentuales más altos de personas entre 15 y 64 años, mientras que Yucatán, Nayarit y Jalisco tienen los porcentajes más elevados de pobladores mayores de 65 años. La gráfica 8 muestra este comportamiento.

Con esta visión general de la estructura demográfica de los estados costeros se procederá, en el siguiente apartado, a describir la metodología empleada para pronosticar el crecimiento de la población total de los estados costeros de México para los próximos 25 años, utilizando un modelo del tipo sigmoidal boltziano. Adicionalmente y con la información del II Conteo de Población y Vivienda del año 2005, se calibró el modelo y se extendió el pronóstico hasta el año 2050.

GRÁFICA 4
TASA BRUTA DE NATALIDAD (EN PORCENTAJE) PARA LOS ESTADOS COSTEROS EN EL AÑO 2005

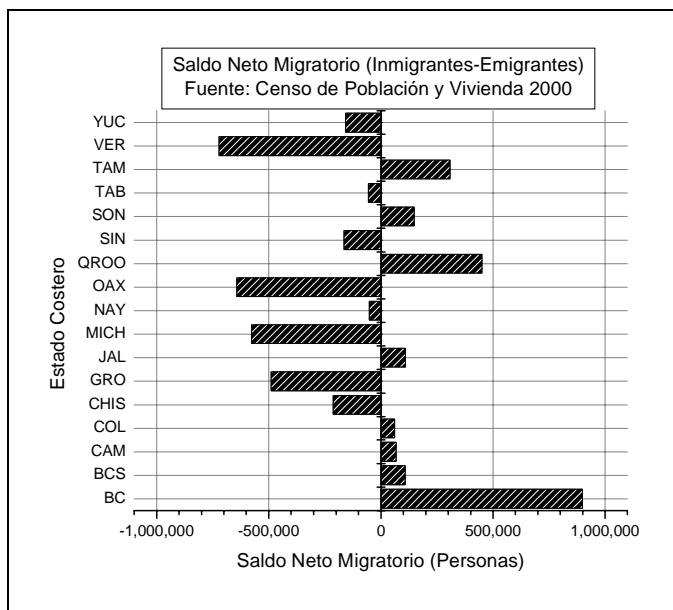


Fuente: datos de Conapo, 2005.

Metodología

El crecimiento poblacional ha sido modelado desde el punto de vista matemático a partir de modelos deterministas, como la ecuación logística (Pearl y Read, 1920; Zill, 2006:103-107), la cual es considerada por diferentes autores como un modelo que permite un amplio rango de aplicaciones y, en general, ha sido aceptada como una buena primera aproximación al fenómeno del crecimiento de especies sin competencia (Maki y Thompson, 1973: 302-318, y Marchetti *et al.*, 1996:1-30).

GRÁFICA 5
SALDO NETO MIGRATORIO (INMIGRANTES-EMIGRANTES) REGISTRADO
EN EL AÑO 2000 PARA LOS ESTADOS COSTEROS



Fuente: INEGI, 2001.

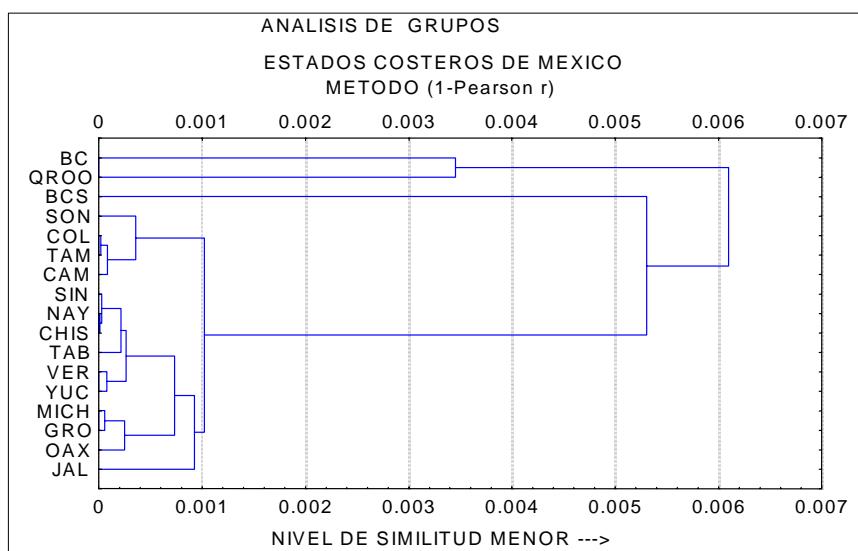
En el presente estudio se utilizaron los datos medidos en los Censos Generales de Población y Vivienda (INEGI, 2006) efectuados cada 10 años, desde 1930 hasta el año 2000. Se incluyeron los resultados definitivos del Conteo de Población efectuado en el año 1995.

Utilizando estos valores para cada estado costero y después de realizar diferentes pruebas se propuso como el modelo general de mejor ajuste el de tipo sigmoidal boltziano. Dicho modelo es tetraparamétrico y en él se incluye tanto el punto de inflexión como la cota máxima de la curva poblacional (Ledvij, 2003). Ha sido empleado en diferentes ámbitos para modelar el crecimiento de poblaciones específicas (Zullinger *et al.*, 1984: 607-636), su dinámica (Carrillo, 2003:121-126) y el crecimiento de la población mundial (Ausubel y Meyer, 1994:17-19) entre otros.

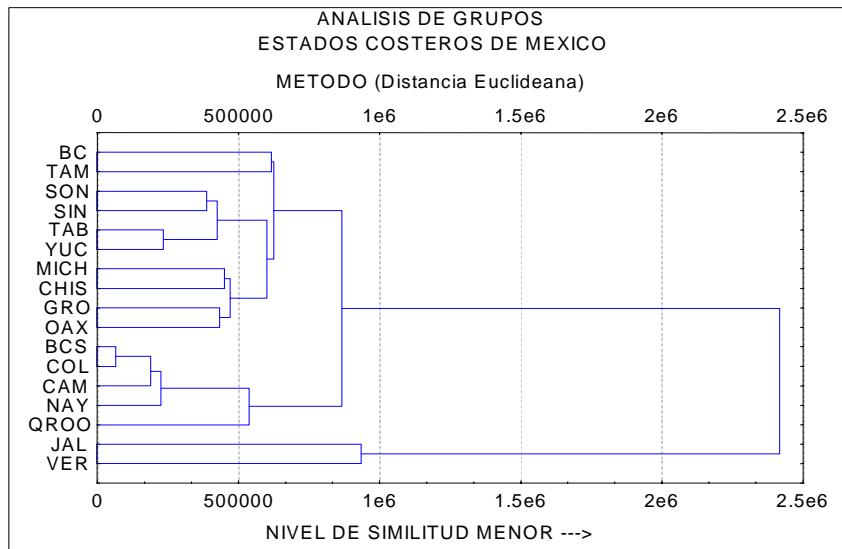
CUADRO 4
MATRIZ DE CORRELACIÓN ENTRE DIFERENTES VARIABLES
POBLACIONALES PARA LOS ESTADOS COSTEROS DE MÉXICO

	Población total	Tasa de natalidad	Crecimiento poblacional	Defunciones (%)	Migración
Población total	1.0000	-0.0259	-0.4153	0.9880	-0.4079
Tasa de natalidad	-0.0259	1.0000	0.2191	-0.1254	-0.1411
Crecimiento poblacional	-0.4153	0.2191	1.0000	-0.4611	0.7439
Porcentaje de defunciones	0.9880	-0.1254	-0.4611	1.0000	-0.4384
Migración	-0.4079	-0.1411	0.7439	-0.4384	1.0000

GRÁFICA 6
ANÁLISIS DE GRUPOS UTILIZANDO EL COEFICIENTE DE
CORRELACIÓN DE PEARSONS (1-R) COMO ELEMENTO DE SIMILITUD



GRÁFICA 7
ANÁLISIS DE GRUPOS UTILIZANDO LA DISTANCIA EUCLIDIANA
COMO ELEMENTO DE SIMILITUD



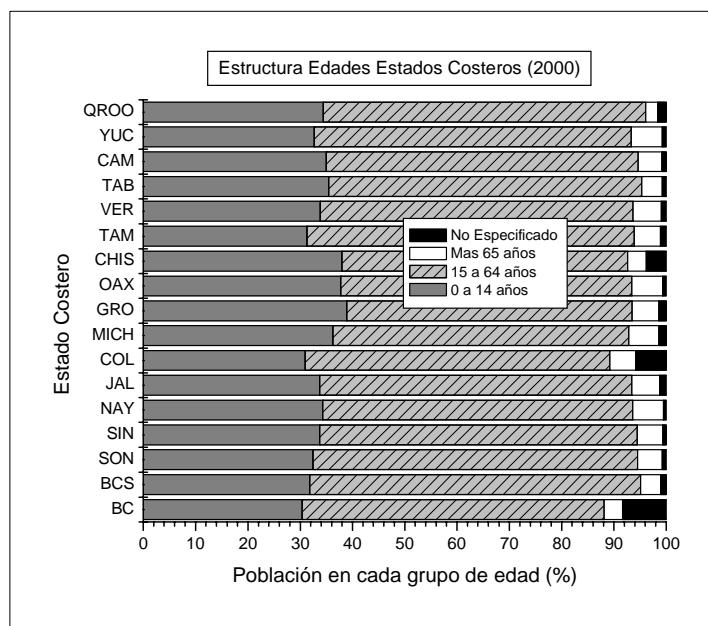
La ecuación del modelo sigmoidal boltziano puede expresarse de la siguiente forma:

$$y = \frac{A_1 - A_2}{1 + e^{(x-x_0)/dx}} + A_2$$

Siendo y la población estimada, A_1 y A_2 las cotas inferiores y superiores de la curva o asintotas respectivamente, x_0 la abscisa del punto de inflexión de la curva y x la variable independiente.

Tomando como elementos de validación del ajuste tanto los valores de Chi cuadrada como del coeficiente de determinación (R^2), en general, todos los estados presentaron un excelente nivel de ajuste respecto al modelo teórico propuesto (valores superiores a 0.99), siendo el mayor valor el registrado para Baja California Sur ($R^2 = 0.99984$), y el menor para Chiapas ($R^2 = 0.99548$).

GRÁFICA 8
ESTRUCTURA POBLACIONAL DE LOS ESTADOS COSTEROS POR
GRANDES GRUPOS DE EDADES PARA EL AÑO 2000



Fuente: INEGI, 2006.

Con la confianza de tener un modelo que ajustara adecuadamente los datos se procedió a realizar el pronóstico para el año 2005 (específicamente para mediados de cada año, con el fin de ser congruente con las estimaciones de Conapo).

Una vez conocidos los resultados preliminares del II Conteo de Población y Vivienda del año 2005 (Conapo, 2006) se procedió a verificar los resultados del modelo y a contrastarlos contra las predicciones realizadas con una periodicidad anual por el Consejo Nacional de Población hasta el año 2030.

La gráfica 4 presenta el error relativo porcentual que se tuvo respecto a la medición del año 2005, tanto para las estimaciones de Conapo (1999), como para el modelo sigmoidal propuesto en este estudio.

Conocido el error en la predicción para cada estado con relación al valor medido para el año 2005, se tiene la opción de ajustar los modelos con el fin de realizar estimaciones potencialmente más exactas.

Se observa de la gráfica 9 que el error relativo porcentual promedio del modelo sigmoidal boltziano es ligeramente inferior que el del método empleado por Conapo (1999).

El cuadro 5 muestra los valores del coeficiente de determinación R^2 obtenidos en el proceso de ajuste del modelo que aquí se presenta (sigmoidal boltziano).

Resultados

Los valores obtenidos para la población total de los estados costeros de México para los períodos 2010, 2020 y 2030, empleando las estimaciones de Conapo y el modelo sigmoidal se muestran en el cuadro 6.

Se observa de la anterior tabla que la población total esperada en los estados con frente litoral del país para el año 2030 será cercana a 60 millones de personas. Aproximadamente 70 por ciento vivirá en la costa oeste y 30 por ciento en el litoral del Golfo de México y del Mar Caribe. Los porcentajes actuales (2005) son 67 y 33, respectivamente.

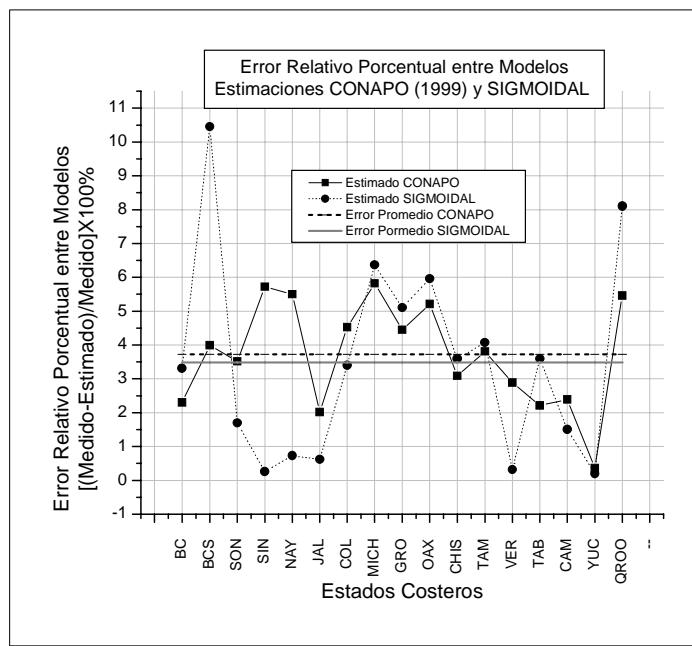
Jalisco, en la costa oeste, y Veracruz, en la costa este, serán los estados costeros que tendrán mayor población total en los próximos 30 años.

Por su parte, Baja California Sur, Colima y Campeche no alcanzarán la cifra de un millón de habitantes durante los próximos 30 años.

Las gráficas 10, 11 y 12 muestran el comportamiento del crecimiento poblacional medido y estimado con el modelo sigmoidal para casos específicos en los que se observa:

1. Estabilidad en los niveles de crecimiento (mejor adecuación al modelo sigmoidal).
2. Una disminución abrupta de las tendencias de crecimiento (mayor error del modelo).
3. Un franco proceso de crecimiento con carácter exponencial (posible adecuación de otros modelos).

GRÁFICA 9
ERROR RELATIVO PORCENTUAL ENTRE LOS VALORES MEDIDOS EN EL
SEGUNDO CONTEO DE POBLACIÓN, Y LOS ESTIMADOS POR CONAPO
(1999) Y CON EL MODELO SIGMOIDAL BOLTZIANO



Fuente: II Conteo de Población y Vivienda (2005) y Conapo (1999).

La estimación hecha con el modelo sigmoidal para el año 2005 en Sinaloa presentó un error relativo porcentual respecto al valor medido durante el conteo de población de 0.26 por ciento, siendo, junto con Yucatán, los que presentaron valores más cercanos a la realidad. Para Sinaloa se observa que el valor de estabilidad se encuentra cercano a los 2 750 000 habitantes.

El análisis de los datos demográficos muestra que, en general, son tres los mecanismos que estabilizan la curva de crecimiento poblacional, a saber: disminución en la tasa de natalidad, aumento en la tasa de mortalidad e incremento en la emigración.

CUADRO 5
VALORES DEL COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN DEL MODELO
SIGMOIDAL BOLTZIANO PARA CADA ESTADO COSTERO

Costa Estado	Oeste R2	Costa Estado	Este R2
BC	0.99680	TAM	0.99841
BCS	0.99984	VER	0.99890
SON	0.99854	TAB	0.99911
SIN	0.99881	CAM	0.99737
NAY	0.99892	YUC	0.99847
JAL	0.99907	QROO	0.99952
COL	0.99895		
MICH	0.99875		
GRO	0.99973		
OAX	0.99732		
CHIS	0.99548		

Para Sinaloa, durante el año 2003, se registró una tasa bruta de natalidad del 18.3, siendo el promedio nacional de 18.4 y el de los estados costeros de 19.7 (INEGI, 2006). En Sinaloa, la tasa de crecimiento media anual sufrió una importante desaceleración al pasar de 1.7 en el periodo 1990-1995 a uno durante el periodo 1995-2000.

Para el año 2003, las defunciones registradas en Sinaloa fueron de 11 040, lo cual correspondió a 2.34 por ciento del total nacional, siendo un valor similar al de Baja California, Sonora y Guerrero.

Para el año 2000, Sinaloa reportó una tasa neta de migración negativa de alrededor de 160 000 personas, lo cual implica un mayor número de emigrantes que de inmigrantes (INEGI, 2006).

La gráfica 11 muestra el comportamiento de la población total de Michoacán. Este estado presentó las mayores diferencias (tanto en el modelo sigmoidal como en las estimaciones de Conapo), entre los valores predichos y los medidos para el año 2005.

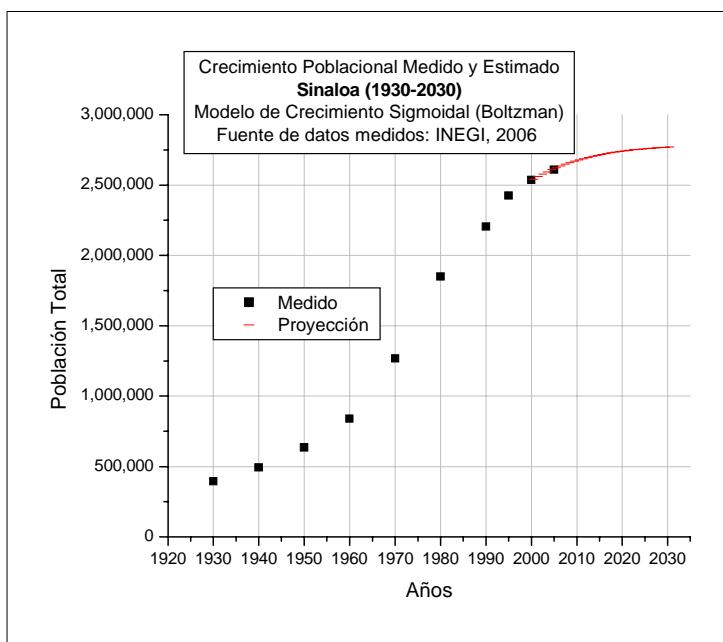
CUADRO 6
VALORES ESTIMADOS DE LA POBLACIÓN TOTAL PARA
LOS ESTADOS COSTEROS DE MÉXICO

	Autor		Conapo			
	2010	2020	2030	2010	2020	2030
BC	3 519 021	4 829 530	6 521 862	3 346 657	4 138 565	4 864 276
BCS	494 879	529 904	546 065	566 904	692 379	805 327
SON	2 460 923	2 611 274	2 701 191	2 670 917	3 012 160	3 301 830
SIN	2 679 970	2 743 058	2 770 447	2 879 690	3 061 637	3 182 337
NAY	970 554	993 469	1 004 718	1 027 156	1 074 168	1 099 697
JAL	7 011 446	7 414 172	7 650 240	7 067 743	7 479 485	7 733 119
COL	622 830	681 097	719 925	626 679	691 397	740 610
MICH	4 422 653	4 655 947	4 797 138	4 276 644	4 327 113	4 300 893
GRO	3 435 669	3 638 684	3 757 381	3 294 329	3 310 700	3 267 235
OAX	4 005 068	4 454 678	4 825 338	3 816 870	3 962 397	4 022 105
CHIS	4 826 059	5 425 800	5 824 780	4 699 370	5 220 030	5 639 988
TAM	3 062 833	3 300 813	3 467 450	3 441 570	3 953 549	4 382 058
VER	7 228 620	7 349 771	7 400 371	7 378 261	7 467 895	7 427 933
TAB	2 244 650	2 452 860	2 576 253	2 184 350	2 389 020	2 538 074
CAM	779 865	824 139	845 654	837 593	955 823	1 056 688
YUC	1 910 812	2 052 117	2 132 615	1 923 530	2 148 744	2 342 080
QROO	1 172 818	1 300 297	1 347 271	1 283 883	1 663 733	2 008 755
Total	50 848 67155	257 611	58 888 700	51 322 146	55 548 795	58 713 005

Fuente: Conapo (1999) y modelo sigmoidal propuesto por el autor.

Para Michoacán, la tasa bruta de natalidad fue similar al promedio de los estados costeros para el año 2005 (1.8), sin embargo, la tasa de crecimiento media anual disminuyó de 1.5 por ciento entre 1990-1995, a tan solo 0.7 por ciento para el periodo 1995-2000. Adicionalmente, Michoacán fue el tercer estado costero del que mayor número de personas emigraron.

GRÁFICA 10
VALORES MEDIDOS Y ESTIMADOS POR MEDIO DEL MODELO
SIGMOIDAL PARA EL SINALOA (1930-2030)

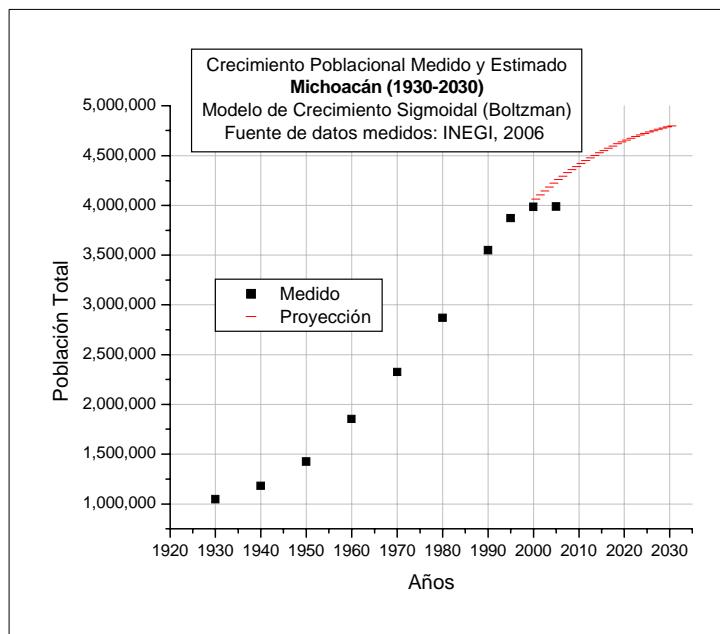


Fuente: datos medidos (INEGI, 2006) y modelo del autor.

Baja California presentó el mayor flujo migratorio neto de todos los estados costeros de México. Su tasa de natalidad es exactamente igual a la media nacional y ligeramente inferior al promedio de los estados costeros. Después de Quintana Roo, presentó la mayor tasa de crecimiento para el periodo 1990-2000 de todos los estados de la república mexicana.

Aunque el error relativo porcentual registrado para Baja California con el modelo sigmoidal es muy cercano al valor promedio, y la diferencia mostrada contra el valor de calibración (población en el año 2005) es del orden de tres por ciento, el patrón de crecimiento es aún claramente exponencial, tal como se muestra en la gráfica 12, pudiendo existir modelos más simples y posiblemente más exactos para realizar el pronóstico en este caso.

GRÁFICA 11
 VALORES MEDIDOS Y ESTIMADOS POR MEDIO DEL MODELO
 SIGMOIDAL PARA MICHOACÁN (1930-2030)



Fuente: datos medidos (INEGI, 2006) y modelo del autor.

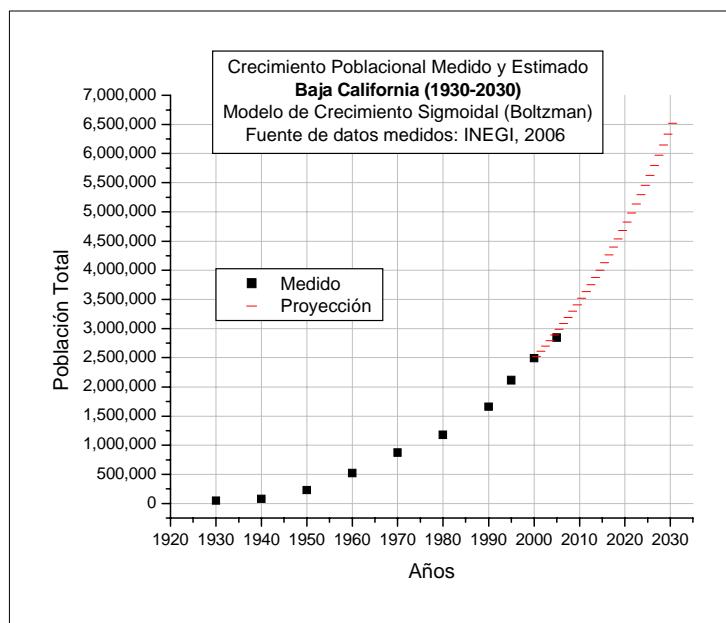
Si se asume como acertado el modelo sigmoidal, y de continuar las tendencias actuales, Baja California sería en el año 2050 el estado costero más poblado del país (con aproximadamente 11 millones de habitantes), superando con alrededor de cuatro millones de personas a Jalisco y Veracruz.

La gráfica 13 muestra las estimaciones hasta el año 2050 para Baja California, Jalisco y Veracruz. Se observa claramente que a partir del año 2040 Baja California tendría una población mayor que los dos estados costeros que actualmente tienen los primeros lugares de población (Jalisco y Veracruz).

El cuadro 7, presenta los valores estimados hasta el año 2050 con el modelo sigmoidal ajustado, utilizando como factor de corrección los valores registrados en el año 2005 durante el II Conteo de Población y Vivienda (Conapo, 2006).

Estimación del crecimiento poblacional para los estados costeros de México / I. Azuz y E.Rivera

GRÁFICA 12
VALORES MEDIDOS Y ESTIMADOS POR MEDIO DEL MODELO
SIGMOIDAL PARA BAJA CALIFORNIA (1930-2030)



Fuente: datos medidos (INEGI, 2006) y modelo del autor.

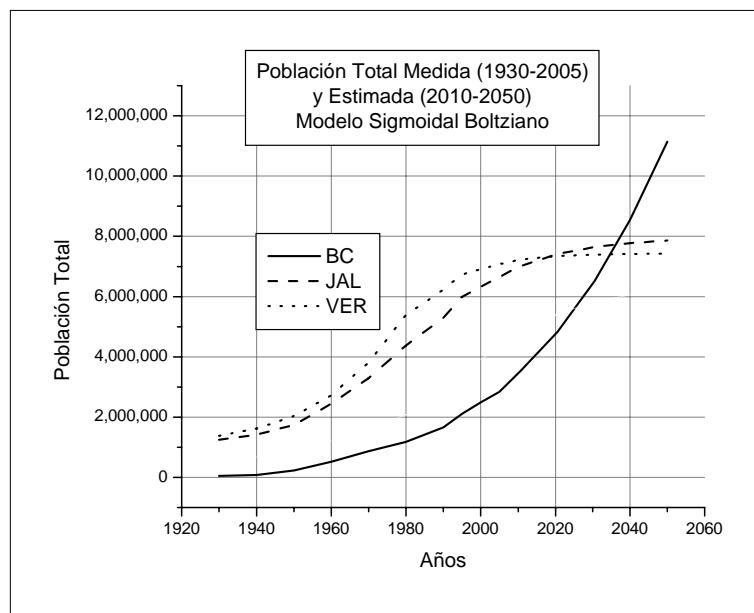
Conclusiones

Los cambios demográficos que ocurren en los estados costeros del país son solamente una pequeña parte de las variables que deben considerarse al efectuar estudios de planeación a largo plazo, tendentes al desarrollo sustentable de la zona costera.

En términos de grandes números, la población total de México experimentó un crecimiento de 5 604 609 habitantes entre el año 2000 y el 2005. El 45.3 por ciento de dicho crecimiento se dio en los estados costeros (2 541 703 habitantes).

Los siete estados con mayor crecimiento absoluto del país durante ese periodo contribuyeron con 53.5 por ciento del aumento poblacional registrado.

GRÁFICA 13
PRONÓSTICO DE CRECIMIENTO POBLACIONAL HASTA EL AÑO 2050
PARA BAJA CALIFORNIA, JALISCO Y VERACRUZ, USANDO EL MODELO
SIGMOIDAL BOLTZIANO



Fuente: datos medidos (INEGI, 2006) y modelo del autor.

Baja California, Chiapas, Jalisco y Tamaulipas son estados costeros que pertenecen a este grupo.

El estado costero que menos contribuyó al crecimiento del país en este periodo fue Michoacán, con un crecimiento poblacional de solamente 2 628 habitantes.

Este fenómeno es el resultado de la importante emigración que ocurre en el estado.

En términos de las proyecciones de crecimiento poblacional, el modelo sigmoidal boltziano utilizado en esta investigación presentó para todos los estados costeros en general un buen ajuste respecto al valor medido el año 2005.

Estimación del crecimiento poblacional para los estados costeros de México / I. Azuz y E. Rivera

CUADRO 7
VALORES MEDIDOS Y ESTIMADOS (2010-2050) PARA LOS ESTADOS
COSTEROS MEXICANOS EMPLEANDO EL MODELO SIGMOIDAL
AJUSTADO A PARTIR DE LOS DATOS DEL CONTEO
POBLACIONAL DE 2005

Periodo	Costa oeste	Costa este	Ambas costas
1930	5 596 901	2 426 701	8 023 602
1940	6 488 781	2 891 222	9 380 003
1950	8 253 781	3 787 078	12 040 859
1960	11 197 909	5 080 858	16 278 767
1970	14 951 521	7 138 668	22 090 189
1980	19 633 176	10 085 396	29 718 572
1990	24 961 013	12 370 966	37 331 979
1995	27 975 603	13 916 095	41 891 698
2000	29 875 008	14 777 888	44 652 896
2005	31 392 541	15 802 058	47 194 599
2010	33 534 905	16 548 152	50 083 056
2020	36 953 527	17 443 246	54 396 773
2030	39 992 457	17 940 129	57 932 586
2040	42 789 522	18 203 503	60 993 026
2050	45 854 067	18 359 876	64 213 943

Fuente: datos medidos INEGI y Conapo. Datos estimados con el modelo sigmoidal del autor.

Se estima una población total en los estados costeros de 58.8 millones para el año 2030 (modelo sin ajustar) y de 64.2 millones para el 2050 (modelo ajustado).

De confirmarse estas estimaciones, la población de los estados costeros de México aumentaría más de siete veces en el periodo comprendido entre 1930 y 2030. Esto significaría que la presión sobre los recursos naturales y las necesidades de servicios y satisfactores crecerían, cuando menos, en la misma proporción.

En un nivel de análisis más fino, el estudio de la dinámica poblacional debe llevarse tanto al nivel municipal (como segunda aproximación), como al nivel de comunidades locales. Desafortunadamente sólo contamos con información censal a nivel municipal y de localidades para los años 1990 y 2000 (los datos

correspondientes a 1980 se perdieron durante el sismo de 1985), lo cual impone severas restricciones desde el punto de vista del manejo estadístico de la información.

Resulta claro, del análisis realizado, que la política ambiental nacional para el desarrollo sustentable de océanos y costas, así como los programas y planes de manejo integral costero que de ella se deriven, los procesos de ordenamiento marino y costero que se realicen o decreten, los estudios de impacto ambiental que se hagan y evalúen, y las normas oficiales mexicanas que se establezcan, entre otros instrumentos de planeación, deberán tener en consideración, de manera especial, los cambios demográficos que experimenten los estados costeros del país.

Bibliografía

- AUSUBEL, J.H. y P.S. Meyer, 1994, "Graphical representations of world population growth", *Human Dimensions Quarterly*, vol. 1, núm. 2, Fall.
- CARRILLO, M., 2003, "Growth, life cycle and dynamic modelling", en *Math and Comp. Modelling of Dynamic Systems*, vol. 9, núm. 2, june.
- CONAPO, 1999, *Proyecciones de la población de los municipios, 2000-2030*, Consejo Nacional de Población.
- CONAPO, 2005, *Proyecciones de la población en México, 2000-2050*, Consejo Nacional de Población, 21 de enero del 2005.
- CONAPO, 2006, *Resultados Preliminares del II Conteo de Población y Vivienda 2005*, Com. núm. 024/06, 13 febrero.
- INEGI, 1992, *XI Censo General de Población y Vivienda, 1990*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.
- INEGI, 1997, *Conteo de Población y Vivienda, 1995*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.
- INEGI, 2001, *XII Censo General de Población y Vivienda, 2000. Tabulados Básicos*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.
- INEGI, 2006, *Población total según sexo 1930-2000*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.
- LEDVIIJ, M., 2003, *Curve fitting made easy*, The Industrial Physicist, april/may.
- MAKI, D. y M. Thompson, 1973, *Mathematical models and applications*, Prentice Hall.
- MARCHETTI, C., P.S. Meyer y J.H. Ausubell, 1996, "Human population dynamics revisited with the logistic model: How much can be modeled and predicted", *Technological Forecasting and Social Change*.

Estimación del crecimiento poblacional para los estados costeros de México / I. Azuz y E. Rivera

PEARL, R. y L.J. Reed, 1920, Citado en Maki, D. and M. Thompson (1973), *Mathematical models and applications*, Prentice Hall.

ZILL, D.G., 2006, *Ecuaciones diferenciales con aplicaciones de modelado*, Thomson.

ZULLINGER, E., R. E. Ricklefs, K.H. Redford y G.M. Mace, 1984, “Fitting sigmoidal equations to mammalian growth curves”, en *Mammalogy*, vol. 65, núm. 4, nov.