El Colegio de la Frontera norte

Proyecto: Estimación del saldo neto migratorio en las entidades federativas de México a través del uso de funciones de supervivencia y otros modelos matemáticos. Número de registro: 165069.

Informe técnico final

Anexo 10

Reporte metodológico del algoritmo para estimar los saldos netos migratorios (ASNM) en entidades federativas mexicanas.

Introducción

La migración ha sido y es un componente fundamental de la dinámica demográfica como determinante de la distribución poblacional en México y en el mundo. Por ello, el número de trabajos dedicados al análisis tanto de la migración interna como de la internacional es extenso en distintos países y desde distintas perspectivas y acercamientos teóricos y metodológicos.

Debido a lo anterior, la diversidad de propuestas existentes en cuanto a su conceptualización y tratamiento metodológico ofrece gran número de opciones tanto en el tiempo como en el espacio. La necesidad de estimar a la inmigración y a la emigración a partir de fuentes indirectas y conceptualmente distintas, añade una mayor dificultad a la interpretación y comparación de los resultados de los diferentes trabajos.

Indudablemente el componente migratorio es el más complejo para predecir su comportamiento. No basta con efectuar un análisis retrospectivo para poder analizar lo que podría pasar en el futuro. Se requiere además, de todo un estudio sobre diferentes elementos tales como: la economía, la situación política, situación laboral, climatológica, etc., no sólo de la localidad para la cual se está estimando la población, sino para las localidades vecinas.

Es por lo expuesto anteriormente que se plantea la necesidad de proponer una forma de estimación del saldo neto migratorio para cada una de las entidades federativas de México. Así, el objetivo general de esta propuesta de investigación fue generar un algoritmo para estimar el saldo neto migratorio para los periodos intercensales.

Para la realización de este objetivo se propuso analizar las diferentes fuentes de información sociodemográfica disponibles y las metodologías que hasta ahora se han utilizado para los fines mencionados y, en principio, aplicar un modelo que utilizara como base información demográfica que se genera de forma continua en nuestro país. Así pues, las estimaciones de la migración neta se realizaron para periodos anuales intercensales para cada una de las entidades.

Para alcanzar el objetivo general se establecieron tres objetivos específicos. En primer lugar, se planteó la sistematización de las fuentes de información para la construcción del planteamiento teórico y metodológico de la propuesta del algoritmo para la estimación del saldo neto migratorio para cada entidad federativa. Lo anterior incluyó una revisión bibliográfica sobre las distintas aproximaciones teóricas y metodológicas que se han usado para medir los flujos migratorios y su conceptualización. También se generó una base de datos con las distintas encuestas, censos, conteos de población y estadísticas vitales, que se consideraron como insumos para el modelo que se planteó.

Como segundo objetivo específico, se discutieron, identificaron y generaron los indicadores sociales, económicos y demográficos necesarios que permitieron plantear el escenario factible para hacer operativa y viable la aplicación del algoritmo propuesto para la medición del saldo neto migratorio de cada una de las entidades federativas y del saldo neto migratorio internacional.

Este objetivo fue fundamental en la discusión sobre la mejor forma de captar la dinámica espacial de la población y destacar las limitaciones en las fuentes de información existentes para la generación de los indicadores mencionados anteriormente. Debido a esto, en la selección que se hizo del modelo, el segundo objetivo específico fue de vital importancia porque permitió llegar a la conclusión de que el modelo propuesto debería basarse solamente en información demográfica a partir de fuentes de información cuya existencia y permanencia en el tiempo estén garantizadas.

Finalmente, el tercer objetivo consistió en aplicar y ajustar el algoritmo del modelo seleccionado a través de la generación de las estimaciones del saldo neto migratorio para cada una de las entidades federativas mexicanas. Se plantearon distintos escenarios hipotéticos en cuanto a las fuentes de información disponibles y cómo incorporarlas cada vez que se tuviera nueva información.

En este reporte metodológico se presenta y detalla el algoritmo para estimar los saldos netos migratorios (ASNM) para las 32 entidades federativas del país.

Algoritmo para estimar los saldos netos migratorios (ASNM).

Según el diccionario de la real academia española, un algoritmo se define como *un conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema*. En el caso que nos ocupa, el problema consiste en estimar los saldos netos migratorios para periodos intercensales para cada una de las entidades federativas de México. Para la estimación de los saldos netos migratorios lo primero que se tiene que considerar es el crecimiento total de la población. Éste está dado por dos componentes: el crecimiento natural y el crecimiento social.

El crecimiento natural de la población es la diferencia entre nacimientos y defunciones. El crecimiento social de la población se refiere a la diferencia entre los inmigrantes y los emigrantes. Ambos crecimientos deben estar expresados en las mismas unidades temporales y territoriales, digamos un año y entidad federativa, respectivamente.

El crecimiento social a su vez tiene dos componentes, el interno y el internacional. El crecimiento social interno se refiere a los movimientos que se dan al interior del país, entre entidades federativas. El crecimiento social internacional se refiere a las entradas que se efectúan desde el exterior del país hacia cada entidad y las salidas desde cada entidad federativa hacia el exterior del país.

En este apartado se identifican los elementos a considerar para el planteamiento del algoritmo **ASNM** siendo estos los que se listan a continuación:

1. Componentes del algoritmo.

2. Modelo de crecimiento.

3. Operacionalización de los componentes del modelo.

4. Algoritmo para estimar el crecimiento total.

5. Algoritmo para la estimación de los saldos netos migratorios (**ASNM**).

A continuación se exponen cada uno de estos elementos.

1. Componentes del algoritmo.

Crecimiento total de la población.

El crecimiento de una población puede conocerse mediante la descomposición de las variaciones numéricas de una población en un determinado intervalo de tiempo t en sus cuatro componentes (Livi Bacci, 2007:47):

N nacimientos

D defunciones

I inmigraciones

E emigraciones

Estos cuatro componentes determinan el crecimiento total de una población. A la diferencia entre los nacimientos y las defunciones se le conoce como crecimiento natural o saldo natural y a la diferencia entre inmigraciones y emigraciones como crecimiento social o saldo neto migratorio.

La migración y las fuentes de información para cada uno de los componentes del crecimiento total de la población.

La migración es el cambio de residencia de una o varias personas de manera temporal o definitiva, generalmente con la intención de mejorar su situación económica así como su desarrollo personal y familiar.

Cuando una persona deja su lugar de residencia para irse a vivir a otro lugar se convierte en un emigrante, pero al llegar a establecerse a una nueva región, esa misma persona pasa a ser un inmigrante (INEGI, http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/migracion.aspx).

El crecimiento social se encuentra dado por la diferencia entre la inmigración y la emigración, considerando los ámbitos internos y los internacionales. Las fuentes de información de las que se obtienen los datos sobre cada uno de los componentes anteriores se encuentran en el **Cuadro 1**.

Cuadro 1. Componentes del crecimiento de la población y fuentes de información consideradas.

Fuentes	**Población**	**Migración interna** **I, E**	**Migración internacional** I_{int}, E_{int}	**Nacimientos** **N**	**Defunciones** **D**
Censo 2000	2000	2000	2000		
Conteo 2005	2005	2005			
Censo 2010	2010	2010	2010		
Estadísticas vitales				1999-2011	1999-2011

2. Modelo de crecimiento.

El crecimiento de la población en el tiempo es uno de uno de los aspectos que más importancia tienen dentro de la planeación, tanto de recursos como de estrategias, de oferta de servicios en un estado. La distribución espacial de ésta población, es de particular interés cuando se requieren prever los cambios y las posibles demandas futuras de la población.

Los métodos que se usan para estimar la migración, presentan algunas limitaciones en cuanto a la capacidad que tienen para predecir su comportamiento.

El componente migratorio depende de factores que además de los relacionados con la estructura por edad y sexo de una población en un momento determinado, se encuentran relacionados con aspectos económicos, políticos y sociales de los que no siempre se tienen medidas. Los movimientos al interior del país son relevantes para el crecimiento total de la población de cada entidad federativa, lo mismo que el componente internacional.

Para la selección de un modelo que representara la complejidad del fenómeno migratorio, se realizó una amplia revisión de distintas aplicaciones de modelos para estimar la migración interna. A través del tiempo, distintos autores han usado distintos modelos para estimar la migración interna de los países, en un ejercicio para comprobar la eficiencia de cada uno de ellos en cuanto a las diferencias que arrojan respecto a los patrones de asentamiento de la población, Wilson y Bell (2004) realizan un diagnóstico para el caso australiano sobre las diferencias en las estimaciones a las que se llegan con cada uno de ellos (Wilson y Bell, 2004: 128). En el **Cuadro 2** se muestran los distintos modelos que revisan los autores y la clasificación según el tipo de algoritmo e información que requieren.

Cuadro 2. Clasificación de los métodos de estimación.

Modelos multi-regionales	
MR	Modelo Multi-regional
BR	Modelo bi-regional
Pool	Modelo combinado con proporciones de migración fijas
OPCS	Modelo multiregional con proporciones de cohorte y por origen y destino
EUROSTAT	Modelo que se aplica en la Unión Europea
Modelos que incorporan la influencia de las poblaciones de las regiones de destino	
C	Modelo gravitacional de Courgeau
	Modelo gravitacional ampliado
F	Modelo ponderado por la población de destino
PVDP	Modelo de migración combinado con proporciones variables en las distribuciones de migración
Modelos de migración neta	
N	Modelo de migración neta
MBM	Método del balance migratorio
MPE	Método de la población esperada
BR+N	Modelo bi-regional con restricciones netas

Fuente: Elaboración propia a partir de Wilson y Bell, 2004.

Una vez realizada la revisión de los modelos anteriores y los resultados a los que llegaban los autores con la aplicación de cada uno de ellos, se plantearon las siguientes premisas para seleccionar alguno de ellos e implementarlo.

En primer lugar, se tiene que considerar con cuál de los modelos se llega a una mejor aproximación. Esta premisa tiene como consecuencia la pregunta sobre si la consideración de una mejor aproximación es un adecuado criterio de selección.

Algunos autores (Tayman y Swanson, 1996, citados por Wilson & Bell, 2004) proponen que la decisión también debe de tener en cuenta la utilidad de los resultados de la estimación en la toma de decisiones, según el modelo que se escoja. Lo anterior debido a que tanto la implementación del modelo en las técnicas de estimación, como su interpretación deben de ser consideradas al momento en que se tomen decisiones sobre los datos arrojados.

De suma importancia es también la facilidad de la aplicación del modelo y que la información estadística, datos del que se alimente, existan y se encuentren disponibles en el tiempo y espacio en el que se aplique.

Teniendo en cuenta los elementos anteriores, se seleccionó un modelo de distribución territorial de la población (Rogers, 1995:36) que considerara todos los componentes de la dinámica del crecimiento total de la población, utilizando la ecuación compensadora y la matriz de flujos migratorios.

La ecuación compensadora se define como:

$$P_t = P_0 + N - D + I - E$$

Donde:

P_t	Población en el tiempo t
P_0	Población a inicio de periodo
$SN = N - D$	Saldo natural
$SNM = I - E$	Saldo neto migratorio

El saldo neto migratorio (SNM), se descompone en dos partes, la migración interna y la internacional, por lo que la forma de establecer el crecimiento total de la población debe de considerar este doble componente del crecimiento social.

Por otra parte la matriz de flujos migratorios se define como:

$$\boldsymbol{M} = \begin{pmatrix} 0 & M_{1,2} & \cdots & M_{1,32} \\ M_{2,1} & 0 & \cdots & M_{2,32} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ M_{32,1} & M_{32,2} & \cdots & 0 \end{pmatrix}$$

Donde:

$M_{i,j}$ Migración de la entidad i hacia la j en el periodo de tiempo considerado.

De lo anterior se desprende que el triángulo superior de la matriz se refiere a las emigraciones desde *i* hacia *j* y el triángulo inferior de la matriz corresponde a las inmigraciones, los que llegan desde *i* hasta *j*. Por la forma de construcción de la matriz, la diagonal principal es cero.

3. Operacionalización de los componentes del modelo.

Para la aplicación del modelo de distribución territorial de la población en primer lugar, se calcula la matriz de flujos migratorios internos a partir de los datos censales o del conteo que se tengan disponibles. Una vez calculada la matriz de flujos, se procede al cálculo de las tasas de cada uno de los componentes de la ecuación compensadora, es decir, las tasas brutas de natalidad (n_i), mortalidad (d_i), emigración (e_i), inmigración internacional (γ_i) y emigración internacional (ε_i) para cada una de las entidades federativas. A continuación se describe la forma de cálculo para cada uno de ellos.

Tasa bruta de natalidad.

$$\boldsymbol{n = \frac{N}{P} * K}$$

Donde:

TBN: (n) Tasa bruta de natalidad.

N: Nacimientos en un determinado año.

P: Población a la mitad del mismo año.

K: 1000.

Tasa bruta de mortalidad

$$\boldsymbol{d} = \frac{\boldsymbol{D}}{\boldsymbol{P}} * \boldsymbol{K}$$

Donde:

TBM: (d) Tasa bruta de mortalidad.

D: Defunciones.

P: Población a la mitad del mismo año.

K: 1000.

Matriz de tasas de flujos migratorios

$$\boldsymbol{m} = \begin{pmatrix} 0 & M_{1,2}/P_1 & \cdots & M_{1,32}/P_1 \\ M_{2,1}/P_2 & 0 & \cdots & M_{2,32}/P_2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ M_{32,1}/P_{32} & M_{32,2}/P_{32} & \cdots & 0 \end{pmatrix}$$

Donde:

M: Matriz de tasas de flujos migratorios.

$M_{i,j}$: Migración de la entidad i hacia la j en el periodo de tiempo considerado.

P_i: Población a la mitad de periodo en una entidad dada.

Dado que:

$$M_{i,j}/P_i = m_{i,j}$$

Donde $m_{i,j}$ se refiere a cada una de las tasas de flujos migratorios para cada entidad, entonces la matriz anterior puede representarse también como:

$$\boldsymbol{m} = \begin{pmatrix} 0 & m_{1,2} & \cdots & m_{1,32} \\ m_{2,1} & 0 & \cdots & m_{2,32} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{32,1} & m_{32,2} & \cdots & 0 \end{pmatrix}$$

Ajustes para el cálculo de las tasas.

Para el cálculo de las tasas de natalidad y de mortalidad usando los datos de las estadísticas vitales por entidad, se calcula el promedio de tres años consecutivos, tanto de nacimientos como de defunciones para el numerador de la tasa. Cuando el numerado se mantiene fijo para el periodo de estimación, se refiere a una tasa fija, donde solamente se realiza el cálculo del numerador en el año que inicia la estimación y se mantiene la misma durante el resto del periodo. Por otro lado, cuando se desea que el numerador de la tasa capture los cambios de la dinámica poblacional, se usan promedios móviles, es decir, el numerador de la tasa va cambiando y se centra según el año en que se realice la estimación.

Ahora bien, tratándose de las tasas de inmigración y de emigración interna e internacional; la información de los censos y de los conteos capturan los fenómenos quinquenalmente, por lo que al calcular las tasas correspondientes, estas no son directamente comparables con las mediciones anuales. Este hecho requiere que se realice una corrección para poder pasar de una medición quinquenal a una anual. El ajuste consiste en dividir las tasas entre 3 ó 3.5 para obtener un equivalente anual (ver Rees y Kupiszewski, 1999)

4. Algoritmo para estimar el crecimiento total.

Una vez obtenida la matriz de tasas de los flujos migratorios (***m***) y las tasas de los componentes del crecimiento total de la población (las tasas brutas de natalidad (n_i), mortalidad (d_i), la suma de las tasas de la emigración interna (Σe_i), la tasa de la inmigración internacional (γ_i) y la tasa de la emigración internacional (ε_i) para cada entidad federativa, se va a aplicar el modelo de distribución territorial de la población de la siguiente manera:

Paso 1:	Se traspone la matriz de tasas de los flujos migratorios (***m***).
Paso 2:	Se define la suma del crecimiento natural y del crecimiento social internacional como $\boldsymbol{\lambda}_i$ que se calcula mediante la siguiente ecuación: $$\lambda_i = n_i - d_i + \gamma_i - \varepsilon_i$$
Paso 3:	Se incorpora en la diagonal principal a la población inicial representada por (1), se le suma $\boldsymbol{\lambda}_i$ y se le sustrae emigración total para cada estado (Σe_i); lo que se expresa como: $1 + \lambda_i - \sum_{j \neq i} e_{i,j}$
Paso 4:	Se define la matriz ***C*** como el resultado de los pasos 1 a 3 (ver más adelante).
Paso 5:	Se obtiene la estimación del año t+1 multiplicando la matriz ***C*** por el vector de la población con que inicia la estimación a mitad de año del año t.
Paso 6:	Para obtener la estimación del año t+2 se usa la matriz ***C*** y se multiplica por el vector obtenido del periodo t+1.
Paso 7:	Se repite de forma iterativa el paso 6 para obtener las estimaciones de los años siguientes. Se recomienda no hacerlo por más de 10 años.[1]

[1] Ésta recomendación se hace debido a que los cambios en el componente social pueden afectar los resultados al mantenerse las tasas fijas por un periodo mayor a 10 años.

La matriz $\boldsymbol{C}$ se define como:

$$\boldsymbol{C} = \begin{pmatrix} 1+\lambda_1 - \sum_{j\neq 1} e_{1,j} & m_{2,1} & \cdots & m_{32,1} \\ m_{1,2} & 1+\lambda_2 - \sum_{j\neq 1} e_{2,j} & \cdots & m_{32,2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{1,32} & m_{2,32} & \cdots & 1+\lambda_{32} - \sum_{j\neq 1} e_{32,j} \end{pmatrix}$$

Ejemplo de la aplicación del algoritmo para la estimación del crecimiento total de la población.

Planteamiento del problema.

Con el fin de comparar los resultados que arroja el modelo usando el algoritmo descrito en esta sección, se planteó estimar la población dentro de los periodos en los que se tienen datos observados, es decir, entre 2000 y 2010. Después de haber probado varias opciones, se presenta como ejemplo la población estimada entre 2005 y 2010 con los parámetros que se describen a continuación.

Parámetros a usar:

Población a mitad de año usando como base el conteo 2005

Periodo a estimar: 2006-2010

Para el crecimiento natural se utilizan tasas fijas de natalidad y de mortalidad estimadas para 2005.

Para el crecimiento social se utilizan: 1) la matriz de flujos calculada a partir de los datos del conteo de 2005 y 2) para la migración internacional las tasas observadas en el censo de 2000.

Para el cálculo de las tasas de migración interna y de la internacional se realiza el ajuste de 3.5 para la anualización de las mismas.

El **Cuadro 3** contiene los resultados del modelo al aplicar el algoritmo para estimar el crecimiento total de la población para cada año del periodo, se presenta además la cifra observada según datos del censo 2010 y la diferencia porcentual entre la estimación de 2010 y el registro observado para cada entidad federativa.

Cuadro 3. Resultados de la aplicación del algoritmo para estimar a la población total por entidad federativa para el periodo 2006-2010, y su comparación contra la población total del censo 2010.

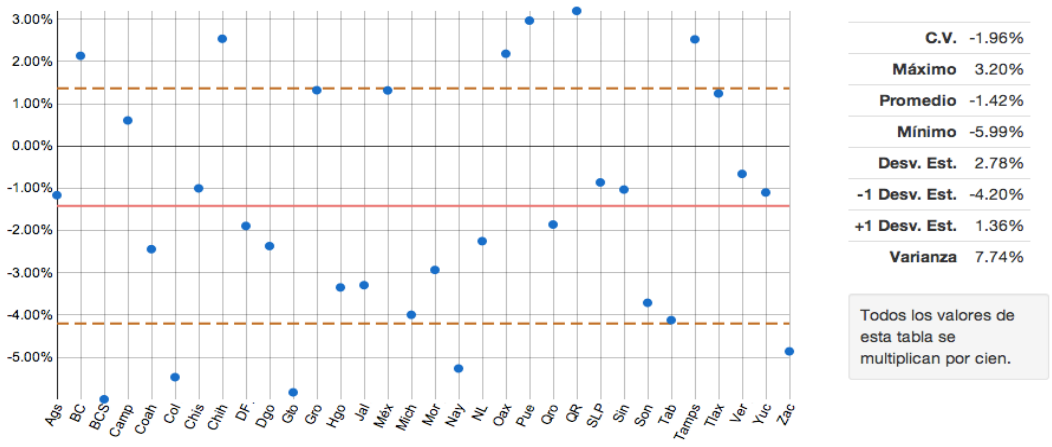
Entidades Federativas	Conteo 2005	Estimación 2006	Estimación 2007	Estimación 2008	Estimación 2009	Estimación 2010	Censo 2010	Diferencia porcentual
Aguascalientes	1,055,589	1,078,221	1,101,246	1,124,673	1,148,507	1,172,756	1,186,375	-1.15
Baja California	2,810,880	2,890,919	2,972,586	3,055,912	3,140,929	3,227,669	3,158,720	2.18
Baja California Sur	504,486	523,165	542,284	561,851	581,876	602,369	638,459	-5.65
Campeche	746,634	762,325	778,329	794,651	811,299	828,278	823,254	0.61
Coahuila	2,477,257	2,517,634	2,558,666	2,600,364	2,642,739	2,685,802	2,751,313	-2.38
Colima	563,512	574,022	584,697	595,539	606,552	617,737	651,516	-5.18
Chiapas	4,254,723	4,350,416	4,448,232	4,548,218	4,650,421	4,754,891	4,802,434	-0.99
Chihuahua	3,213,783	3,268,641	3,324,407	3,381,097	3,438,726	3,497,311	3,408,521	2.60
Distrito Federal	8,685,089	8,683,703	8,683,355	8,684,054	8,685,813	8,688,641	8,852,887	-1.86
Durango	1,496,272	1,515,780	1,535,568	1,555,640	1,576,001	1,596,654	1,634,433	-2.31
Guanajuato	4,858,075	4,922,828	4,988,464	5,054,996	5,122,439	5,190,805	5,493,278	-5.51
Guerrero	3,104,579	3,168,539	3,233,772	3,300,303	3,368,158	3,437,362	3,391,931	1.34
Hidalgo	2,334,302	2,382,171	2,430,887	2,480,466	2,530,924	2,582,277	2,668,656	-3.24
Jalisco	6,676,913	6,763,736	6,851,791	6,941,096	7,031,673	7,123,540	7,357,999	-3.19
México	13,906,849	14,195,657	14,488,529	14,785,536	15,086,751	15,392,246	15,189,555	1.33
Michoacán	3,951,044	3,997,277	4,044,114	4,091,564	4,139,635	4,188,338	4,355,531	-3.84
Morelos	1,604,703	1,628,765	1,653,165	1,677,911	1,703,009	1,728,465	1,779,126	-2.85
Nayarit	945,299	962,115	979,209	996,584	1,014,246	1,032,199	1,086,526	-5.00
Nuevo León	4,164,674	4,240,297	4,317,240	4,395,525	4,475,178	4,556,220	4,658,721	-2.20

Oaxaca	3,505,263	3,579,228	3,654,679	3,731,645	3,810,157	3,890,244	3,805,239	2.23
Puebla	5,350,512	5,467,796	5,587,482	5,709,617	5,834,252	5,961,436	5,784,462	3.06
Querétaro	1,582,501	1,623,802	1,665,908	1,708,833	1,752,595	1,797,208	1,830,572	-1.82
Quintana Roo	1,120,147	1,168,139	1,217,254	1,267,519	1,318,956	1,371,591	1,327,725	3.30
San Luis Potosí	2,400,555	2,432,585	2,465,084	2,498,058	2,531,516	2,565,465	2,587,524	-0.85
Sinaloa	2,583,684	2,614,314	2,645,410	2,676,982	2,709,035	2,741,580	2,769,791	-1.02
Sonora	2,367,085	2,406,415	2,446,398	2,487,047	2,528,373	2,570,388	2,665,691	-3.58
Tabasco	1,976,864	2,010,835	2,045,407	2,080,588	2,116,392	2,152,829	2,241,478	-3.95
Tamaulipas	2,990,028	3,060,453	3,132,265	3,205,488	3,280,149	3,356,276	3,271,523	2.59
Tlaxcala	1,063,219	1,086,765	1,110,788	1,135,297	1,160,301	1,185,811	1,171,068	1.26
Veracruz	7,084,707	7,184,461	7,285,767	7,388,652	7,493,144	7,599,269	7,649,332	-0.65
Yucatán	1,805,064	1,830,343	1,856,057	1,882,216	1,908,827	1,935,900	1,957,170	-1.09
Zacatecas	1,364,748	1,376,107	1,387,606	1,399,245	1,411,027	1,422,953	1,492,069	-4.63
Total	102,549,042	104,267,454	106,016,644	107,797,169	109,609,599	111,454,511	112,442,877	-0.88

Nota: Tasas para migración anualizadas con el denominador de 3.5

Los resultados del cuadro anterior pueden también ser representados mediante una gráfica de dispersión en la que se incluye el promedio de las diferencias porcentuales (mediante una línea sólida) y la incertidumbre asociada representada por una desviación estándar (mediante líneas punteadas), además se muestra un cuadro resumen con la estadística descriptiva de los datos.

Gráfica 1. Diferencia porcentual entre las poblaciones observada y estimada por entidad federativa en 2010.



De la **Gráfica 1** se desprende que la estimación del total poblacional de las entidades federativas varía en un intervalo que va de -5.99 por ciento (Baja California Sur) a 3.20 por ciento (Quintana Roo). Lo que quiere decir que la estimación realizada por el algoritmo se acerca a lo que captó el censo de 2010, esto se hace evidente en el promedio para el país que se sitúa en -1.42 por ciento. Además, 21 de las diferencias porcentuales de las entidades se concentran dentro de una desviación estándar de ± 2.78 por ciento. Solamente 11 entidades quedan fuera de este intervalo de dispersión, 5 por debajo y 6 por arriba.

5. Algoritmo para la estimación de los saldos netos migratorios (ASNM).

Después de haber estimado el crecimiento total de la población mediante la aplicación del algoritmo de la sección 4, lo siguiente es el cálculo de los saldos netos migratorios para cada una de las entidades federativas. Para realizar lo anterior, se deben de tener en cuenta las siguientes consideraciones:

i) La contribución anual del SNM observado al total de la población por entidad federativa no representa más que el 2.85% (Baja California Sur) según las cifras del Censo de 2010. Para la estimación que se realizó usando el ASNM, la contribución porcentual máxima no rebasó a la observada en el censo. Al calcular la contribución porcentual del SNM estimado a la población total estimada para 2010, se obtuvo un valor máximo de 1.95%. Por otro lado, la contribución porcentual máxima del SNM estimado a la población observada para el Censo 2010 fue de 2.10%; en ambos casos fue el estado de Quintana Roo (ver **Cuadro 4**).

ii) Se está estimando el crecimiento social total para cada entidad federativa, es decir, las cifras incluyen a la migración interna y a la internacional. Existe la opción de solamente calcular la migración interna al sacar de la ecuación del cálculo de $\boldsymbol{\lambda}_i$ a la migración internacional.

iii) Al utilizar tasas fijas para el crecimiento social durante el periodo de estimación, se está reproduciendo el comportamiento del fenómeno de los puntos de observación dados por los censos de 2000 y 2010, y el conteo 2005. Por ésta razón, dependiendo de las tasas de migración del periodo que se utilicen, se generarán los SNM correspondientes (con un SNM negativo usando la migración internacional de 2000 y un SNM positivo al usar la migración internacional de 2010). Lo anterior permite generar dos tipos de escenarios posibles con éste componente de la dinámica poblacional. Además, se puede incorporar la tasa de migración internacional de otro tipo de fuentes.

iv) Para la migración interna se tienen tres opciones de datos para construir las tasas de la matriz de flujos migratorios: 1) la del censo de 2000, 2) el conteo de 2005 y 3) el censo de 2010. Al igual que con la migración internacional, los resultados dependerán de la matriz de flujos que se utilice.

Cuadro 4. Contribución porcentual del saldo neto migratorio estimado para 2010 a la población total censada y estimada en 2010.

Entidades Federativas	Estimación ASNM 2010	Estimación de la población por el Algoritmo 2010	Censo 2010	Contribución porcentual a la población total	
				Según estimación	Según Censo 2010
Aguascalientes	882	1,172,756	1,186,375	0.08	0.07
Baja California	30,953	3,227,669	3,158,720	0.96	0.98
Baja California Sur	8,940	602,369	638,459	1.48	1.40
Campeche	1,414	828,278	823,254	0.17	0.17
Coahuila	-4,743	2,685,802	2,751,313	-0.18	-0.17
Colima	735	617,737	651,516	0.12	0.11
Chiapas	-23,520	4,754,891	4,802,434	-0.49	-0.49
Chihuahua	-3,628	3,497,311	3,408,521	-0.10	-0.11
Distrito Federal	-109,657	8,688,641	8,852,887	-1.26	-1.24
Durango	-13,105	1,596,654	1,634,433	-0.82	-0.80
Guanajuato	-37,118	5,190,805	5,493,278	-0.72	-0.68
Guerrero	-33,900	3,437,362	3,391,931	-0.99	-1.00
Hidalgo	-6,715	2,582,277	2,668,656	-0.26	-0.25
Jalisco	-37,070	7,123,540	7,357,999	-0.52	-0.50
México	3,934	15,392,246	15,189,555	0.03	0.03
Michoacán	-40,507	4,188,338	4,355,531	-0.97	-0.93
Morelos	-3,671	1,728,465	1,779,126	-0.21	-0.21
Nayarit	-2,425	1,032,199	1,086,526	-0.23	-0.22
Nuevo León	5,683	4,556,220	4,658,721	0.12	0.12
Oaxaca	-23,939	3,890,244	3,805,239	-0.62	-0.63
Puebla	-17,383	5,961,436	5,784,462	-0.29	-0.30
Querétaro	7,089	1,797,208	1,830,572	0.39	0.39
Quintana Roo	26,709	1,371,591	1,327,725	1.95	2.01
San Luis Potosí	-16,914	2,565,465	2,587,524	-0.66	-0.65
Sinaloa	-20,634	2,741,580	2,769,791	-0.75	-0.74
Sonora	-2,215	2,570,388	2,665,691	-0.09	-0.08
Tabasco	-11,804	2,152,829	2,241,478	-0.55	-0.53
Tamaulipas	10,964	3,356,276	3,271,523	0.33	0.34
Tlaxcala	399	1,185,811	1,171,068	0.03	0.03
Veracruz	-51,854	7,599,269	7,649,332	-0.68	-0.68
Yucatán	-695	1,935,900	1,957,170	-0.04	-0.04
Zacatecas	-16,370	1,422,953	1,492,069	-1.15	-1.10
Total	**-380165**	**111454511**	**112442877**	**-0.34**	**-0.34**

El ASNM se apoya en las estimaciones obtenidas del algoritmo de la sección 4. Una vez obtenida la matriz de tasas de flujos migratorios (***m***) y las tasas de los componentes del crecimiento total de la población (las tasas brutas de natalidad (n_i), mortalidad (d_i), la suma de las tasas de la emigración interna (Σe_i), la tasa de la inmigración internacional (γ_i) y la tasa de la emigración internacional (ε_i) para cada entidad federativa), además de las poblaciones estimadas con el algoritmo de la sección 4, se va a aplicar el modelo de distribución territorial

de la población con algunas variantes para la estimación de los saldos netos migratorios (SNM) de la siguiente manera:

Paso 1:	Se traspone la matriz de tasas de los flujos migratorios (***m***).
Paso 2:	Se define sólo la suma del crecimiento social internacional (a diferencia de la sección 4 que incluye la suma del crecimiento natural) como θ_i que se calcula mediante la siguiente ecuación: $$\theta_i = \gamma_i - \varepsilon_i$$
Paso 3:	Se incorpora en la diagonal principal a la suma θ_i y se le sustrae emigración total para cada estado (Σe_i); lo que se expresa como: $\theta_i - \sum_{j \neq i} e_{i,j}$
Paso 4:	Se define la matriz ***D*** como el resultado de los pasos 1 a 3 (ver más adelante).
Paso 5:	Se obtiene la estimación de los SNM del año t+1 multiplicando la matriz ***D*** por el vector de la población con que inicia la estimación a mitad de año del año t.
Paso 6:	Para obtener la estimación de los SNM del año t+2 se usa la matriz ***D*** y se multiplica por el vector obtenido (población estimada) en el algoritmo de la sección 4 para el periodo t+1.
Paso 7:	Se repite de forma iterativa el paso 6 para obtener las estimaciones de los años siguientes. Se recomienda no hacerlo por más de 10 años.

La matriz ***D*** se define como:

$$\boldsymbol{D} = \begin{pmatrix} \theta_1 - \sum_{j \neq 1} e_{1,j} & m_{2,1} & \cdots & m_{32,1} \\ m_{1,2} & \theta_2 - \sum_{j \neq 1} e_{2,j} & \cdots & m_{32,2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{1,32} & m_{2,32} & \cdots & \theta_{32} - \sum_{j \neq 1} e_{32,j} \end{pmatrix}$$

Como los componentes de migración interna e internacional son opcionales, se advierte que para obtener las estimaciones de los SNM se debe incorporar al menos uno de estos componentes al algoritmo.

Ejemplo de la aplicación del algoritmo para la estimación de los saldos netos migratorios.

Planteamiento del problema.

Al igual que para la estimación de la población total para cada entidad federativa, con el fin de comparar los resultados que arroja el modelo usando el ASNM, se planteó estimar el saldo neto migratorio anual entre 2005 y 2010 y compararlo con la cifra observada por el censo de 2010, con los parámetros que se describen a continuación.

Parámetros a usar:

Población a mitad de año usando como base el conteo 2005

Periodo a estimar: 2006-2010

Para el crecimiento natural se utilizan tasas fijas de natalidad y de mortalidad estimadas para 2005.

Para el crecimiento social se utilizan: 1) la matriz de flujos calculada a partir de los datos del conteo de 2005 y 2) para la migración internacional las tasas observadas en el censo de 2000.

Para el cálculo de las tasas de migración interna y de la internacional se realiza el ajuste de 3.5 para la anualización de las mismas. Los resultados se muestran en el **Cuadro 5.**

La diferencia entre el SNM estimado y el del censo de 2010 que se observa en el cuadro anterior, representa una pequeña contribución porcentual de la población total (ver **Cuadro 4** al inicio de esta sección.

Cuadro 5. Saldos netos migratorios estimados, 2006-2010, a mitad de año usando tasas fijas y considerando la migración internacional 2000.

Entidades Federativas	SNM Estimado 2006	SNM Estimado 2007	SNM Estimado 2008	SNM Estimado 2009	SNM Estimado 2010	SNM censo 2010 total/3.5	Diferencia entre el censo y la estimación
Aguascalientes	1,155	1,089	1,021	952	882	6,282	5,400
Baja California	30,113	30,320	30,529	30,740	30,953	21,158	-9,795
Baja California Sur	8,662	8,731	8,800	8,870	8,940	18,423	9,483
Campeche	1,367	1,378	1,390	1,402	1,414	2,613	1,200
Coahuila	-4,436	-4,511	-4,587	-4,664	-4,743	2,928	7,671
Colima	801	785	768	751	735	9,112	8,378
Chiapas	-21,406	-21,916	-22,439	-22,973	-23,520	-14,659	8,861
Chihuahua	-3,286	-3,370	-3,455	-3,541	-3,628	-14	3,615
Distrito Federal	-113,862	-112,807	-111,754	-110,705	-109,657	-138,445	-28,788
Durango	-12,543	-12,681	-12,820	-12,962	-13,105	178	13,283
Guanajuato	-35,287	-35,738	-36,193	-36,653	-37,118	814	37,933
Guerrero	-31,075	-31,760	-32,459	-33,172	-33,900	-13,597	20,302
Hidalgo	-5,688	-5,938	-6,193	-6,452	-6,715	18,503	25,219
Jalisco	-35,610	-35,970	-36,333	-36,700	-37,070	13,864	50,934
México	10,831	9,122	7,403	5,674	3,934	76,723	72,789
Michoacán	-38,913	-39,305	-39,702	-40,103	-40,507	-193	40,314
Morelos	-3,383	-3,456	-3,528	-3,599	-3,671	12,722	16,393
Nayarit	-2,176	-2,237	-2,299	-2,361	-2,425	12,987	15,411
Nuevo León	5,491	5,538	5,585	5,633	5,683	19,449	13,767
Oaxaca	-21,737	-22,271	-22,815	-23,371	-23,939	-8,390	15,550
Puebla	-15,297	-15,801	-16,317	-16,844	-17,383	-5,431	11,952
Querétaro	7,418	7,339	7,257	7,174	7,089	15,568	8,479
Quintana Roo	25,973	26,154	26,337	26,522	26,709	27,962	1,253
San Luis Potosí	-16,201	-16,376	-16,553	-16,733	-16,914	165	17,079
Sinaloa	-20,089	-20,224	-20,359	-20,496	-20,634	-3,962	16,672
Sonora	-2,078	-2,112	-2,146	-2,180	-2,215	13,662	15,876
Tabasco	-11,089	-11,264	-11,441	-11,621	-11,804	-7,251	4,554
Tamaulipas	11,026	11,013	10,999	10,982	10,964	9,519	-1,445
Tlaxcala	536	503	469	434	399	2,883	2,484
Veracruz	-49,614	-50,165	-50,722	-51,285	-51,854	-5,365	46,489
Yucatán	-981	-912	-842	-770	-695	4,074	4,770
Zacatecas	-16,009	-16,098	-16,188	-16,279	-16,370	1,248	17,618
Total	**-357,385**	**-362,940**	**-368,588**	**-374,329**	**-380,167**	**94,107**	**474,275**

Nota: Tasas para migración anualizadas con el denominador de 3.5

Conclusiones

El comportamiento de la dinámica de distribución territorial de la población, se describe de manera fidedigna mediante el modelo matricial de Rogers (Rogers, 1986: 36) en el que a través de la matriz de origen-destino de la migración interna se incluye el comportamiento del crecimiento natural y el de la inmigración y emigración internacional en la diagonal principal. Los datos que requiere son totalmente de base demográfica e incorpora el uso de la ecuación compensadora.

El modelo depende totalmente de los datos con los que se le alimente. Los problemas que existan con las fuentes de información como censos, conteos, registros administrativos o encuestas, se reproducirán en el modelo.

El modelo tiene la capacidad de incorporar información reciente de cada uno de los componentes del crecimiento demográfico, natalidad, mortalidad y migración interna e internacional. También puede estimar exclusivamente el crecimiento natural o eliminar el componente de migración internacional.

Al seleccionar tasas fijas para el crecimiento social durante el periodo de estimación, se reproduce el comportamiento del fenómeno migratorio de los puntos observados dados por los censos de 2000 y 2010, y el conteo, 2005. Dependiendo de las tasas de migración del periodo que se utilicen, se generarán los SNM correspondientes. Por ejemplo, con un escenario en el que el SNM se considere negativo (emigración alta) se usaría la migración internacional de 2000. Por el contrario, si se está considerando una alta inmigración, un SNM positivo, se usaría la migración internacional de 2010.

De acuerdo a las cifras observadas por el censo de 2010 y a las estimadas por el ASNM, la contribución anual del SNM al total de la población por entidad federativa no representa más del 3.0% en ambos casos.

Finalmente, una medición de los saldos netos migratorios con mayor frecuencia que la actual que es quinquenal, captaría mejor los cambios de la migración interna e internacional.

Bibliografía

González, Pulido, Alejandro, 2007, "Estudio de la migración" en *Conceptos y técnicas básicas del análisis demográfico*, Perú, Universidad Externado de Colombia, pp. 181-185.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1997, *Manual de medidas sociodemograficas,* disponible en: http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/metodologias/otras/mmsd-01.pdf, consultada en junio de 2013.

Livi-Bacci, Massimo, 2007, *Introducción a la demografía,* 3era ed., Barcelona, Ariel Historia.

Partida, Virgilio [conferencia], 2012, *Medición de la migración interna en México a partir de los censos de población de 1990-2012,* Tijuana, El Colegio de la Frontera Norte, 7 de septiembre.

Pressat, Roland, 1987, "Inmigración internacional y emigración internacional", en *Diccionario de Demografía,* Barcelona España, Oikos-tau edición, pp.192-195.

_____, 2000, "La migración" en *El análisis demográfico métodos, resultados, aplicaciones*, 3ra edición en español, México, edit. Fondo de Cultura Económica México, pp.270.

Rees, Phillip y Kupiszewski, Marek, 1999, "Internal migration and regional population dynamics in Europe: a synthesis", *Population studies,* Council of Europe, no 32, Mayo, pp. 30-35.

Rogers, Andrei, 1985, Regional Population Projection Model, CA, SAGE Publications, Beverly Hills, California.

_____, 1995, Multiregional Demography. Principles, Methods and Extensions, John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, England.

Welti, Carlos, Agustín Herrera, Héctor Macías, y Edith Ramón, 1997, "Migración" en *Demografía I* ,México, PROLAP-IISUNAM, pp.131-134.

Wilson, Tom y Martin Bell, 2004, "Australia's uncertain demographic future", *Demographic Research,* vol. 11, No. 8, 23 de septiembre de 2008.