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 4

Valoración de las distintas metodologías que se han utilizado para la estimación de los saldos netos migratorios y de la migración internacional.

➢ Introducción

- ¿Mediante qué mecanismo la población aumenta o disminuye a una determinada velocidad?
- Descomposición de las variaciones numéricas de una población en un intervalo determinado *t*.

➢ Ecuación compensadora

$$P_t = P_0 + \underbrace{B - D}_{\text{Saldo natural}} + \underbrace{I - E}_{\text{Saldo migratorio}}$$

➢ Movilidad

- Se refiere a la capacidad de la población de desplazarse en el territorio.

- La cuantificación del fenómeno de la movilidad implica la definición de los actos individuales que constituyen precisamente la movilidad.
- Tal acto individual es el desplazamiento en el territorio, pero no todos los desplazamientos son igualmente significativos para todos los observadores.

➢ Migración

- La migración es un suceso repetible, por lo que una persona puede aparecer varias veces en los flujos de renovación y de extinción de la población.
- Al no tener raíces biológicas, sino sólo sociales, es un fenómeno mucho más variable y mucho más difícil de constreñir dentro de modelos.

➢ Proyección de la migración

- Indudablemente el componente migratorio es el más complejo para predecir su comportamiento venidero.
- No basta con efectuar una 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., pero no sólo de la localidad para la cual se está proyectando la población, sino para las localidades vecinas.

¿CUÁLES SON LOS MODELOS MÁS RECOMENDABLES PARA REALIZAR LAS PROYECCIONES MULTI-REGIONALES DE LA POBLACIÓN?

➢ Tres tipos de modelos de migración:

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	
Modelos que incorporan la influencia de las poblaciones de las regiones de destino	
C	Modelo gravitacional de Courgeau
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
BR+N	Modelo bi-regional con restricciones netas

- Modelo de migración neta

- No existe un "migrante neto" (Rogers, 1990). La migración neta simplemente representa los movimientos residuales de una región hacia otra. Los modelos que consideran a la migración neta son una pobre representación de la realidad.
- Los flujos fijos no capturan los efectos en el cambio de la estructura por edad y de la distribución geográfica en la propensión a migrar.

Este modelo parte de la ecuación compensadora, y se expresa de la iguiente manera:

$$P_{s,a+1}(t+1) = P_{s,a}(t) - D_{s,a,a+1}(t,t+1) + N_{s,a,a+1}(t,t+1).$$

Si se utiliza el promedio de los límites de los intervalos definidos para las poblaciones como una aproximación de los años-persona de exposición al evento, la ecuación se podría escribir de la siguiente forma:

$$P_{s,a+1}(t+1) = P_{s,a}(t) - d_{s,a,a+1}(t,t+1)\,0.5\left(P_{s,a}(t) + P_{s,a+1}(t+1)\right) + N_{s,a,a+1}(t,t+1)$$

A fin de evitar una secuencia iterativa en su cálculo, la ecuación anterior se puede reestructurar de la siguiente manera:

$$P_{s,a+1}(t+1) = \frac{(1-0.5\,d_{s,a,a+1}(t,t+1))}{(1+0.5\,d_{s,a,a+1}(t,t+1))}P_{s,a,}(t) + \frac{N_{s,a,a+1}(t,t+1)}{(1+0.5\,d_{s,a,a+1}(t,t+1))}$$

- Modelo multiregional

- Se modela el flujo de la migración región a región y se evita la limitación conceptual de la migración neta.
- Los flujos inter-región se calculan como función de la población, esto permite que la migración responda al tamaño, estructura por edad y sexo, y distribución geográfica.

El modelo multiregional parte del modelo de migración neta, y se extiende de la siguiente manera:

$$P_{i,s,a+1}(t+1) = P_{i,s,a}(t) - D_{i,s,a,a+1}(t,t+1) - \sum_{j \neq i} M_{i,j,s,a,a+1}(t,t+1)$$
$$- E_{i,s,a,a+1}(t,t+1) + \sum_{j \neq i} M_{j,i,s,a,a+1}(t,t+1) - I_{i,s,a,a+1}(t,t+1).$$

A la ecuación anterior se le puede añadir la migración internacional:

$$P_{i,s,a+1}(t+1) = P_{i,s,a}(t) - \left(d_{i,s,a,a+1}(t,t+1) + \sum_{j \neq i} m_{i,j,s,a,a+1} \right) 0.5 \left(P_{i,s,a}(t) + P_{i,s,a+1}(t+1) \right)$$
$$+ \sum_{j \neq i} m_{j,i,s,a,a+1}\, 0.5 \left(P_{j,s,a}(t) + P_{j,s,a+1}(t+1) \right) + N_{i,s,a,a+1}(t,t+1).$$

A partir del uso de matrices algebraicas es posible ordenar las ecuaciones de la proyección para todas las regiones en el sistema poblacional. Así, el equivalente de la ecuación anterior es:

$$P_{s,a+1}(t+1) = P_{s,a}(t) - M_{s,a,a+1}(t,t+1)0.5\left(P_{s,a}(t) + P_{s,a+1}(t+1)\right) + n_{s,a,a+1}(t,t+1)$$

Donde **p** son los vectores de la población, **n** es el vector de los flujos migratorios internacionales netos y **M** es la matriz de migración interna y de las tasas de mortalidad, la cual se expresa como

$$M_{s,a,a+1} = \begin{bmatrix} \sum_{j\neq 1} m_{1,j,s,a,a+1} + d_{1,s,a,a+1} & -m_{2,1,s,a,a+1} & \cdots & -m_{n,1,s,a,a+1} \\ -m_{1,2,s,a,a+1} & \sum_{j\neq 2} m_{2,j,s,a,a+1} + d_{2,s,a,a+1} & \cdots & -m_{n,1,s,a,a+1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -m_{1,n,s,a,a+1} & -m_{2,n,s,a,a+1} & \cdots & \sum_{j\neq n} -m_{n,j,s,a,a+1} + d_{n,s,a,a+1} \end{bmatrix}$$

Para eliminar el límite superior de los intervalos de la población en el vector $p_{a+1}(t+1)$ del lado derecho de la ecuación es necesario reordenar la ecuación de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} P_{s,a+1}(t+1) = {} & \left[I - 0.5\, M_{s,a,a+1}(t,t+1)\right]\left[I + 0.5 M_{s,a,a+1}(t,t+1)\right]^{-1} P_{s,a}(t) \\ & + \left[I + 0.5 M_{s,a,a+1}(t,t+1)\right]^{-1} n_{s,a,a+1}(t,t+1) \end{aligned}$$

Donde **I** es la matriz identidad.

- Modelo biregional

- Es un modelo multi-regional con agregación espacial, en el que el país es dividido en dos regiones y los flujos migratorios son modelados entre la región de interés y su complemento, que consiste en una *región* que resulta de combinar el resto de las regiones del país.
- Este proceso de repite para cada una de las diferentes regiones del país, por lo que la proyección consiste entonces en una conjunción de diversos modelos bi-regionales.

En este modelo, la tasa de emigración es definida como el número de migraciones desde una de las regiones hacia cualquiera de las otras regiones del país, dividido por la población en riesgo. En otras palabras.

$$omr_{i,s,a,a+1} = \frac{OM_{i,s,a,a+1}(T-1,T)}{0.5(P_{i,s,a}(T-1) + P_{i,s,a+1}(T))}$$

Respecto a la tasa de inmigración, se define como todos los inmigrantes que arriban a la región bajo análisis procedentes de cualquier otra región del país.

$$imr_{j,s,a,a+1} = \frac{IM_{j,s,a,a+1}(T-1,T)}{\sum_{i \neq j} 0.5(P_{i,s,a}(T-1) + P_{i,s,a+1}(T))}$$

- Modelo "pool"

- Se proyecta el número de emigraciones de cada región y se coloca a los migrantes en un "*pool*" común.
- Se coloca a los flujos de migrantes en los lugares de destino.
- Se prevé algún grado de migración de retorno con este modelo.

Este modelo aplica las tasas de emigración a la población de origen para obtener el número de emigrantes.

$$\mathrm{OM}_{i,s,a,a+1}(t,t+1) = \mathrm{omr}_{i,s,a,a+1}\, 0.5\left(\mathrm{P}_{i,s,a}(t) + \mathrm{P}_{i,s,a+1}(t+1)\right)$$

Las migraciones procedentes de todos los lugares son agrupadas en *pools* definidos por sexo y periodo-cohorte específicos, los cuales requieren la distribución de los destinos:

$$\mathrm{Pool}_{s,a,a+1}(t,t+1) = \sum_{i} \mathrm{OM}_{i,s,a,a+1}(t,t+1)$$

La distribución de las proporciones son entonces aplicadas a los *pools* de migración a fin de obtener el número de inmigrantes a cada destino:

$$IM_{j,s,a,a+1}(t,t+1) = Pool_{s,a,a+1}(t,t+1)p_{j,s,a,a+1}$$

La distribución de las proporciones fue obtenida a partir de datos previos a partir de.

$$P_{j,s,a,a+1} = \frac{IM_{j,s,a,a+1}}{\sum_j IM_{j,s,a,a+1}\ (T-1,T)}(T-1,T)$$

Y manteniendo constante esta distribución de proporciones a través del tiempo. Al combinar las tres ecuaciones previas el modelo *pool* se puede expresar de manera sucinta utilizando la siguiente expresión:

$$M_{i,j,s,a,a+1}(t,t+1) = omr_{i,s,a,a+1}\, 0.5(P_{i,s,a}(t) + P_{i,s,a+1}(t+1))P_{j,s,a,a+1}$$

- Modelo OPCS

- Es un modelo multi-regional con agregación en la distribución entre migrantes y lugares de destino. Se proyecta la emigración igual que en los modelos “pool” y bi-regional pero se distribuye a los migrantes usando proporciones amplias periodo-cohorte y origen-destino.
- Las proporciones para la distribución no tienen que ser específicas anualmente por periodo-cohorte, ya que los patrones de migración varían entre etapas del curso de vida pero no dentro de ellas, por lo que se puede usar un número pequeño de proporciones para la distribución amplia y usar éstas para cada año simple.

Este modelo parte de la ecuación para la proyección de la migración definida en el modelo estándar multiregional:

$$M_{i,j,s,a,a+1}(t,t+1) = m_{i,j,s,a,a+1}\, 0.5\left(P_{i,s,a}(t) + P_{i,s,a+1}(t+1)\right)$$

La tasa de migración puede ser decompuesta en una tasa de emigración y una distribución de proporciones condicionales de la emigración respecto de un origen específico:

$$M_{i,j,s,a,a+1}(t,t+1) = \frac{OM_{i,s,a,a+1}(T-1,T)}{0.5\left(P_{i,s,a}(T-1)+P_{i,s,a+1}(T)\right)} \times \frac{M_{i,j,s,a,a+1}(T-1,T)}{OM_{i,s,a,a+1}(T-1,T)} \times 0.5\left(P_{i,s,a}(t) + P_{i,s,a+1}(t+1)\right)$$

Sin embargo, se puede argumentar que la distribución de las proporciones no requieren ser específicas para periodos-cohortes de un año de duración debido a que los patrones de la migración varían de manera considerable entre las etapas del curso de vida pero no al interior de ellas, por lo que se puede remplazar esta distribución de proporciones:

$$P_{i,j,s,A,A+1} = \frac{M_{i,s,A,A+1}(T-1,T)}{0M_{i,s,A,A+1}(T-1,T)}$$

De lo anterior, se obtiene entonces que la proyección de la migración en este modelo se obtiene a partir de:

$$M_{i,j,s,a,a+1}(t,t+1) = omr_{i,s,a,a+1}\, 0.5\left(P_{i,s,a}(t) + P_{i,s,a+1}(t+1)\right)P_{i,j,s,A,A+1}$$

- Aproximación “Eurostat”

- Modelo de esquemas de migración parametrizado para representar el perfil por edad de los migrantes y también de la población que los absorbe. Este modelo captura el perfil por edad de las tasas de migración en una sola ecuación matemática con 7 u 11 parámetros sin necesidad de las 100 tasas específicas (Rogers, 1978, 1983).
- Cálculo de un conjunto completo de las tasas específicas de migración a partir de una matriz de flujos parcial (Rees *et al*., 2001)

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**.

Este modelo parte del uso de las distribuciones de la población según origen y destino de la migración, edad por origen, edad por destino, y sexo y edad en general. Estos insumos se utilizan para elaborar una matriz de migración y permite la aplicación del modelo multiregional:

$$\hat{M}_{i,j,s,a,a+1}(T-1,T) = omr_{i,s,a,a+1}\, 0.5\left(P_{i,s,a}(T-1) + P_{i,s,a+1}(T)\right)P_{i,j,s,a,a+1}\, f_{i,j}$$

En donde $f_{i,j}$ es el efecto agregado del origen-destino, el cual se define como la razón del flujo origen-destino observado respecto del flujo esperado en ausencia de cualquier efecto espacial de la migración:

$$f_{i,j} = \frac{M_{i,j}^{observada}(T-1,T)}{M_{i,j}^{esperada}(T-1,T)} = \frac{M_{i,j}^{observada}(T-1,T)}{\Sigma_s \Sigma_a \left(omr_{i,s,a,a+1}\, 0.5\left(P_{i,s,a}(T-1) + P_{i,s,a+1}(T)\right)P_{i,j,s,a,a+1}\right.}$$

<u>INCORPORANDO CAMBIOS EN EL ATRACTIVO DEL DESTINO</u>

- Fijar las tasas origen-destino no refleja la verdadera dinámica del cambio poblacional en una región. Ravenstein (1885:198) notó que el tamaño de los flujos migratorios se encuentra relacionado con “el número de nativos de los condados y pueblos que los absorben”
- Existen modelos que incorporan la influencia de la población de destino:
    1. Modelo gravitacional de Courgeau.
    2. Modelo ponderado por de la población de destino de Feeney.
    3. Modelo “pool” con proporciones variables en la distribución de la inmigración.

- Modelo gravitacional de Courgeau

- Los modelos de interacción espacial han intentado capturar el efecto de la distancia al mismo tiempo que los efectos de las características de las regiones de origen y de destino usando un modelo matemático simple:

$$M_{i,j} = f(W_i, W_j, c_{i,j})$$

- Donde W representa el conjunto de atributos de cada región que afectan la propensión a migrar y c es la distancia.
- W también pueden ser las variables económicas y sociales. Cuando se incluyen las variables económicas y sociales, sus comportamientos también requieren ser proyectados.

Este modelo es una adaptación del modelo de proyección multiregional de la migración, en el cual las tasas de migración están relacionadas explícitamente con las poblaciones de origen y de destino, pero no con la distancia. Las tasas, en este modelo, no requieren ser ajustadas, se mantienen constantes en el periodo de la proyección, y se definen como

$$m_{i,j,s,a,a+1} = \frac{M_{i,j,s,a,a+1}(T-1,T)}{P_{i,s,a}(T-1) + P_{j,s,a+1}(T)} \quad i \neq j$$

De lo anterior, se desprende la ecuación para la proyección de los flujos migratorios:

$$M_{i,j,s,a,a+1}(t,t+1) = m_{i,j,s,a,a+1} P_{i,s,a}(t) P_{j,s,a+1}(t+1).$$

- Modelo de Feeney

- Partiendo del modelo Standard multi-regional, propone que las tasas de origen-destino se alteren en cada año de proyección aplicando una razón que capture el cambio progresivo en la distribución de la población entre regiones.

$$m_{i,j,s,a,a+1}(t,t+1) = m_{i,j,s,a,a+1}(T-1,T)\frac{P_j(t)\Big/\sum_{j\neq i}P_j(t)}{P_j(T)\Big/\sum_{j\neq i}P_j(T)}$$

- Modelo pool con proporciones variables

- Se calcula la emigración igual que en el modelo "*pool*" básico. El valor de las proporciones usadas para distribuir a la población, se ajustan anualmente a través de la multiplicación por una razón

$$P^*_{j,s,a,a+1}(t,t+1) = P_{j,s,a,a+1}(T-1,T)\frac{P_j(t)\Big/\sum_{j}P_j(t)}{P_j(T)\Big/\sum_{j\neq i}P_j(T)}$$

$$P_{j,s,a,a+1}(t,t+1) = P^*_{j,s,a,a+1}(t,t+1)\frac{1}{\sum_j^* P_{j,s,a,a+1}(t,t+1)}$$

- Modelo bi-regional con restricciones

- Esta aproximación involucra la estimación de la inmigración y de la emigración por cada región utilizando un modelo bi-regional y después se escala el resultado a los flujos de entrada y de salida para que sean iguales a las estimaciones de la migración neta predeterminada.
- El elemento bi-regional del modelo garantiza que el patrón por edad de la in y e migración refleja los cambios por edad en la población de origen.
- La imposición de las restricciones permite a las proyecciones estar simultáneamente restringidas a valores de la migración neta.
- El problema es que los flujos migratorios no son consistentes con el tamaño de la población de origen o de destino.

$$\mathrm{diff_i}\,(t,t+1) = \mathrm{N_i^{set}}(t,t+1) - \left(\sum_s\sum_a \mathrm{IM^*_{i,s,a,a+1}}\,(t,t+1) - \sum_s\sum_a \mathrm{OM^*_{i,s,a,a+1}}\,(t,t+1)\right)$$

La diferencia es distribuida de manera uniforme entre la emigración y la inmigración:

$$IM_{i,s,a,a+1}(t,t+1) = IM^*_{i,s,a,a+1}(t,t+1) \times \frac{\left(\sum_s\sum_a \mathrm{IM^*_{i,s,a,a+1}}\,(t,t+1) + 0.5\,\mathrm{diff_i}\,(t,t+1)\right)}{\sum_s\sum_a \mathrm{IM^*_{i,s,a,a+1}}\,(t,t+1)}$$

$$OM_{i,s,a,a+1}(t,t+1) = OM^*_{i,s,a,a+1}(t,t+1) \times \frac{\left(\sum_s\sum_a \mathrm{OM^*_{i,s,a,a+1}}\,(t,t+1) - 0.5\,\mathrm{diff_i}\,(t,t+1)\right)}{\sum_s\sum_a \mathrm{OM^*_{i,s,a,a+1}}\,(t,t+1)}$$

COMPARACIÓN ENTRE MODELOS

- Diferencias en:

1. Totales poblacionales
2. Distribición regional
3. Estructura por edad y sexo
4. Migración neta

Las poblaciones más pequeñas muestran las mayores variaciones.

Modelo	**Población total y distribución geográfica**	**Estructura por edad y sexo**	**Migración neta**
Modelos multi-regionales MR, BR, Pool, OPCS, EUROSTAT	Similares BR buena sustitución de MR	Similares	Convergen

Modelos con información del destino	Por arriba y abajo de los anteriores	Diferencias importantes	Convergen y divergen
C F PVDP	Resultados (-)		Diverge Converge Diverge
Modelos de migración neta	A veces arriba, a veces abajo de los anteriores	Mayores diferencias que los anteriores	Equilibrio, por definición
N BR+N			

SELECCIÓN DEL MODELO

- Cuál modelo es el que tiene una mejor aproximación?
- Una mejor aproximación es un adecuado criterio de selección?
- Utilidad en la toma de decisiones (Tayman y Swanson, 1996)
- Implementación de las técnicas de proyección
- Flexibilidad en su aplicación
- Información requerida
- Resultados esperados de la proyección

- Aceptación
- Recusrsos y habilidades necesarias para realizarlas (Smith, Tayman y Swanson, 2001)

GENERALIDADES DE LOS MODELOS

- Todo modelo, por definición, es una representación simplificada de la realidad.
- Más de un sólo modelo puede contener fragmentos de la realidad.
- Consideraciones:
- Rigor conceptual
- Uso pragmático

Modelo	**Rigor conceptual**	**Practicidad**
N	Pobre	Fácil
Multi-regionales	Mejor representación	Requerimientos ++ Supuestos ++
Pool	Buena representación	Equilibrio entre necesidades de información y aplicación

Efecto origen-destino	Muy buena representación	
Courgeau	Falla estructural	Complicado
Fenney	Limitaciones conceptuales	Complicado

- Existe un **reto** en la investigación para la formulación de un modelo de migración que comprenda la **influencia** tanto del lugar de **origen** como del **destino** y que al **mismo ti**empo contemple un **uso amigable** entre el modelo y el conjunto de supuestos.

PROYECCIÓN DE LA MIGRACIÓN CONAPO

- Tasas de migración interestatal constantes durante el horizonte de proyección.
- Las tasas de emigración permanecen invariables.
- Los inmigrantes se obtienen sumando los flujos del resto de las entidades.

NECESIDADES PARA LA PROPUESTA DE PROYECCIÓN DE LA MIGRACIÓN

- Listado de indicadores económicos, sociales y ambientales a incorporar al modelo.

- Tendencias de los indicadores, en función de los datos disponibles, sería idóneo contar con una serie de tiempo amplia.

- Modelos de estimación para dichos indicadores.

- Fuentes de información para la elaboración de esos indicadores.