MODELOS MIGRATORIOS: UNA REVISIÓN

Úrsula Faura Martínez
Juan Gómez García
Universidad de Murcia

En este trabajo, se revisan y clasifican los estudios que existen sobre flujos migratorios y la diversidad de modelos utilizados para su análisis, para comprender mejor este fenómeno y poder conocer cómo se ha ido avanzando en el estudio del mismo. Pese a las dificultades de clasificación experimentadas (Greenwood, 1993), se hace un repaso profundo y exhaustivo de todos ellos, estableciendo cuatro grandes bloques: modelos de markov, modelos gravitacionales, modelos económicos y modelos basados en la ecuación master. El análisis de cada uno de ellos permitirá delimitar nuevas líneas de investigación en este campo.

Palabras clave: modelos de Markov, modelos gravitacionales, modelos económicos, ecuación master.

1. INTRODUCCIÓN

Los estudios sobre movimientos migratorios de la población se clasifican, generalmente, según centren la atención en una de las tres facetas siguientes: las fuerzas que causan la movilidad, es decir, ¿por qué ocurre?; los procesos de cambio, esto es, ¿cómo ocurre? y las implicaciones de la movilidad, es decir, ¿qué significan?. La mayor parte de la investigación en las dos primeras cuestiones es realizada por economistas, sociólogos y geógrafos; cuando se estudian las implicaciones de la migración, el número de disciplinas implicadas crece substancialmente (psicólogos, polítólogos, educadores, etc.).

Además de conocer las causas y los procesos de la migración es importante conocer el tamaño de los flujos de cambio. Conociendo los flujos de cambio recientes se pueden predecir tamaños futuros de población y estimar características de otras distribuciones que están condicionadas por ella. Por ejemplo, para planificar los Centros Escolares, el número de profesores y servicios médicos necesarios en la próxima década, etc., es importante estimar el tamaño esperado de la población en cada área.

El objetivo principal de este artículo es presentar una revisión de los diferentes modelos utilizados en el análisis de las migraciones, estableciendo posibles nexos entre ellos. Pero, realizar un estudio de toda la teoría referente a la migración es bastante difícil, debido a la gran diversidad de trabajos que se han efectuado, a veces con un tratamiento común y otras muchas sin ningún tipo de conexión teórica entre ellos.

En primer lugar establecemos cuatro grandes bloques[1] de modelos (aunque hay trabajos difíciles de asignar a un bloque concreto): modelos de markov, modelos gravitacionales, modelos económicos y modelos basados en la ecuación master, destacando el carácter predictivo, explicativo, estático o dinámico de cada uno de ellos.

Los *modelos markovianos* tienen en cuenta la relación entre los distintos estados del sistema a través de las probabilidades de transición de una región a otra y la naturaleza estocástica de la decisión de moverse o no, admitiendo que la población es homogénea y que el movimiento de un individuo está determinado únicamente por su estado actual y no por su historia pasada. Sin embargo, no intentan comprender porqué se producen los movimientos en esas direcciones.

En contraste con los modelos markovianos, los *modelos gravitacionales* intentan explicar los flujos de cambio a través de variables explicativas (económicas, psicológicas, geográficas, etc.) basándose en la teoría de la gravitación.

Los *modelos* económicos pretenden ambos objetivos, efectuar predicciones como los modelos markovianos y explicar las causas que producen tales movimientos.

Por último, los *modelos basados en la ecuación master*, que es una ecuación diferencial estocástica, modelizan las intensidades de transición entre las distintas regiones del sistema.

2. Modelos markovianos

Se llaman así por estar basados en los procesos de Markov, en concreto las cadenas de Markov. En tales procesos, la generación de predicciones se lleva a cabo mediante el uso de una matriz, P, de probabilidades de transición. Los elementos de P, notados por p_{ij}, representan la probabilidad de movimiento desde el estado i al estado j durante un período de tiempo dado. Cuando la distribución de la población es conocida en el tiempo t, la matriz P se utiliza como multiplicador para obtener la distribución en el tiempo $(t+1)$.

(1) Existen otras clasificaciones diferentes, como la realizada por Santiago Hernando (1994), p.33, distinguiendo entre *trabajos basados en enfoques no-económicos* y aquéllos *basados en modelos económicos*. Dentro de este segundo bloque distingue entre *estudios de carácter microeconómico*, *de carácter agregado* y los que tienen una *perspectiva dinámica*. Otra clasificación desde un punto de vista económico, es la dada por Shields y Shields (1989), quienes basándose en la establecida por Stevens (1980), distinguen cuatro grupos: *ofertadores de mano de obra*, *inversión en capital humano*, *consumidores de amenidades regionales como bienes públicos* y *productores de bienes de hogar*.

Los modelos de Markov están basados en las siguientes hipótesis:

• El sistema tiene la propiedad de Markov. La existencia de esta propiedad implica que el estado del sistema se alcanza como una función de su historia reciente. En la mayoría de los casos, se supone que la probabilidad de estar en un estado dado depende sólo de donde se estaba en el período inmediatamente anterior (hipótesis de Markov de primer orden). Así, la historia pasada del proceso no da información adicional sobre qué estado va a ser ocupado en el futuro. Pero esta hipótesis no siempre se verifica en muchos de los casos reales.

• Los cambios de estado ocurren en tiempos discretos, es decir, las transiciones tienen lugar sólo en intervalos regulares de tiempo. Sin embargo, en algunas situaciones los cambios entre estados no ocurren regularmente, sino que pueden ser el resultado de otros procesos que tienen su propia distribución de probabilidad.

• Homogeneidad de todos los elementos del sistema: cada elemento que forma parte del sistema se supone que tiene la misma matriz de transición y, por tanto, que se comporta de acuerdo a las mismas reglas de probabilidad.

• Estacionaridad de las probabilidades de transición: se admite que las probabilidades de transición permanecen constantes en el tiempo. De nuevo, en algunas aplicaciones, esta hipótesis no es realista. Por ejemplo, en Gómez (1997), cuando se modelan migraciones, las preferencias para distintas regiones varían a lo largo del tiempo.

Las predicciones sobre distribuciones futuras de población basadas en estos modelos dependen del grado de cumplimiento de las hipótesis formuladas. Dado que estas hipótesis se manifiestan fuertemente restrictivas para describir los flujos migratorios, se han desarrollado diversas investigaciones introduciendo modificaciones en tales hipótesis.

Los primeros trabajos en esta línea, podemos encontrarlos en Goodman (1961), el cual introduce una relajación de la hipótesis de homogeneidad; y en Mayer (1968), con un modelo cuya tasa de movilidad va disminuyendo en función de la edad. Es de destacar el modelo de *Movilidad de Cornell*[2], cuyo punto de partida es la heterogeneidad de la población. Este modelo se basa en el *axioma de inercia acumulativa* (la probabilidad de permanecer en un estado, es una función creciente del tiempo que ha permanecido en dicho estado)[3]; así dos indi-

(2) Un estudio detallado, puede encontrarse en MCGinnis (1968).

(3) Ginsberg (1971) realiza una reformulación de este axioma, e introduce el problema en los procesos de Semi-Markov o procesos de renovación de Markov, en los cuales la probabilidad de abandonar una región en un momento dado, depende del tiempo que haya permanecido en la misma y de la región de destino; pero a diferencia del axioma de inercia acumulativa, el efecto del tiempo de permanencia en una región puede tomar cualquier expresión. Este nuevo modelo, predice el tiempo medio de paso entre regiones, el número de transiciones realizadas entre regiones y predice cohortes de población para sistemas cerrados. Gilbert (1973) generaliza este modelo permitiendo variaciones en la población del sistema.

viduos de un mismo estado, tienen distintas probabilidades de transición, debido a que en dichas probabilidades influye la duración de la permanencia en el estado actual. Sin embargo, presenta problemas a la hora de su aplicación debido a que tiene infinitos parámetros desconocidos que estimar.

Junto a estas limitaciones, a este modelo también se le cuestiona el hecho de que la heterogeneidad sea sólo consecuencia del tiempo de permanencia en el lugar de origen, sin tener en cuenta otros factores que también pueden influir en el comportamiento de los individuos, como la educación, el nivel social, tipo de familia, etc.

Para evitar el problema de la hipótesis de homogeneidad, MCFarland (1970) define una matriz de transición para cada individuo, independiente de *t*, de forma que al combinar dichas matrices obtiene la matriz de transición para toda la población.

Si MCFarland parte de las matrices de transición individuales para obtener la matriz de transición de la población, Spilerman (1972b), parte de la matriz de transición de la población e intenta desagregarla para una población heterogénea, con el fin de determinar mediante un análisis de regresión qué cambios en la matriz de transición pueden ser debidos a alteraciones en la estructura social subyacente, o, a cambios motivados por la heterogeneidad de la población.

Otra forma de tratar el problema de la heterogeneidad, fue desarrollada por Blumen, Kogan y MCCarthy (1955), BKM, dando lugar al modelo *Mover-Stayer*. Consideran que existen dos tipos de individuos, los que permanentemente están en sus estados de origen, "stayer", y los que se mueven, "mover", quienes son homogéneos en su comportamiento de transición y siguen un proceso de Markov estacionario.

Una extensión de este modelo es realizada por Spilerman (1972a), siguiendo los comentarios de BKM. En lugar de requerir que cada persona haga un número fijo de movimientos en cada intervalo, supone que las transiciones son sucesos aleatorios y que la tasa de cambio de cada individuo se refiere al número esperado de transiciones y no al número actual.

Otra modificación importante del modelo de Markov, es la realizada por Ginsberg (1979a,b), aunque su trabajo, a diferencia de los anteriores, trata el tiempo de forma continua. Otros trabajos importantes son los de Salkin *et al.* (1975), MaCRae (1977), Kelton (1981), Rowe y Krishnan (1983), Geweke *et al.* (1986), Jayet (1989) y Sampson (1990).

Existe también la natural inclinación de introducir variables explicativas en los modelos markovianos para modelar la respuesta de los migrantes a los cambios que se produzcan en las características de los estados del sistema.

Feeney (1973) considera que, para migraciones, las probabilidades de Markov deben ser ajustadas para tener en cuenta los cambios en la distribución geográfica de las oportunidades económicas. Para ello, usa la población como medida de la oportunidad en el destino:

$$p_{ij}(t) = p_{ij}(b)\frac{P_j(t) \Big/ \sum_{j\neq i} P_j(t)}{P_j(b) \Big/ \sum_{j\neq i} P_j(b)} \qquad i \neq j$$

donde el subíndice b denota los datos observados en el período base, t representa los valores en el período de predicción, p_{ij} es la probabilidad de transición de i a j, y P_i es la población en el estado i. Las probabilidades de transición del período base están modificadas por el cambio en la población del estado de destino j, comparada con el cambio de población de todos los destinos potenciales.

Este modelo indica que cuanto mayor sea el número de movimientos hacia un estado, más atractivo será, y así más migrantes se moverán hacia él en períodos sucesivos. A largo plazo existirá un número pequeño de estados que tendrían a la totalidad de la población y el resto quedarían vacíos. Además de este inconveniente, el modelo no impone que el número de emigrantes sea menor o igual que la población total, por lo que la restricción de que la suma de todas las probabilidades de transición debe ser igual a 1, no se verifica. Este problema se corrige en el *modelo de ponderación de la población en el destino (DPW)*, desarrollado por Plane (1982):

$$p_{ij}(t) = a_i \cdot p_{ij}(b)\frac{P_j(t)}{P_j(b)}, \qquad a_i = \left(\sum_j p_{ij}(b)\frac{P_j(t)}{P_j(b)}\right)^{-1} \tag{1}$$

Se pueden considerar otras variables en el destino distintas a la población, como hace Rogerson (1981), el cual incluye, además, un parámetro γ, que relaciona la elasticidad de la migración con respecto a la oportunidad del destino:

$$p_{ij}(t) = a_i \cdot p_{ij}(b)\left(\frac{X_j(t)}{X_j(b)}\right)^{\gamma}, \qquad a_i = \left[\sum_j p_{ij}(b)\left(\frac{X_j(t)}{X_j(b)}\right)^{\gamma}\right]^{-1}$$

El modelo markoviano se obtendría para $\gamma=0$, reflejando la inelasticidad de las probabilidades de transición de Markov respecto a cambios en las condiciones de destino. El modelo (1), es otro caso particular, cuando $\gamma=1$ y $X_j(t)=P_j(t)$. Incluyendo más medidas de atracción, Isserman *et al.* (1985), construyen el *modelo generalizado de ponderación en el destino (GDW)*. La estimación de la migración de i a j, m_{ij}, está basada en la siguiente ecuación:

$$M_{ij}(t) = P_i(t-1)\left(\frac{M_{ij}(b)}{P_i(b-1)}\right)$$

donde *b* se refiere al período base y $P_i(t\text{-}1)$ es la población en *i* en el período *(t-1)* que sobreviven en el año *t*. La expresión entre paréntesis indica la tasa de migración observada en el año base y es la proporción de personas de *i* en *(b-1)* que están en *j* en *b*.

La matriz de transición puede ser modificada incorporando factores de atracción:

$$M_{ij}(t) = P_i(t-1)\left(\frac{M_{ij}(b)}{P_i(b-1)}\right)\left(\frac{A_j(t-1)/A_N(t-1)}{A_j(b-1)/A_N(b-1)}\right)^{\gamma} \tag{2}$$

donde *A* representa el índice de atracción, el subíndice *N* se refiere a toda la nación y γ es un parámetro que determina la magnitud de la respuesta de la migración frente a cambios relativos de atracción. El término del segundo paréntesis es un indicador del cambio que ha tenido la atracción de *j* entre los períodos *(b-1)* y *(t-1)*.

Dividiendo el lado izquierdo de (2) por $P_i(t\text{-}1)$, y la derecha por su expresión equivalente

$$\sum_j M_{ij}(t)$$

y simplificando, obtenemos

$$\frac{M_{ij}(t)}{P_i(t-1)} = \frac{M_{ij}(b)\left(\dfrac{A_j(t-1)}{A_j(b-1)}\right)^{\gamma}}{\sum_j M_{ij}(b)\left(\dfrac{A_j(t-1)}{A_j(b-1)}\right)^{\gamma}} \tag{3}$$

De esta forma se elimina la relación con las variables nacionales, y la probabilidad de migración cambia cuando haya algún cambio en el índice de atracción de cualquier estado, incluso aunque no haya cambios ni en *i* ni en *j*. Si no hay cambios relativos en los factores de atracción, la matriz de transición sería constante y lo mismo ocurre si γ fuese igual a 0, en cuyo caso no hay respuesta a los cambios de los factores de atracción.

El modelo GPW (3), parece más adecuado para la predicción y explicación de los flujos migratorios que los modelos simples markovianos, ya que incluye información referente a flujos pasados y las probabilidades de transición son no estacionarias. En esta línea, Rogerson (1984) ha dado otras formas alternativas que tienen una mayor fundamentación, desarrollando una aproximación al *modelo logit incremental* y el *modelo de migración interregional de competición de trabajo*.

A veces, cuando se dispone de una secuencia temporal de matrices de transición, algunos analistas trabajan con la hipótesis de que la matriz más reciente es la óptima para efectuar predicciones. Otras veces, se adopta el valor medio de las probabilidades en el período, o se estima una relación funcional sobre las probabilidades de transición entre estados. En algunas ocasiones, se estima una relación de corte transversal entre variables independientes y datos de flujos migratorios, admitiendo que los parámetros de dicha relación permanecerán constantes en el tiempo, es un ejemplo de lo que Gale (1972) llama estacionaridad funcional. Rogerson (1979), considera una alternativa a la hipótesis de estacionaridad, partiendo de la clasificación de estacionaridad hecha por Gale, distinguiendo entre estacionaridad local, funcional y diferencial.

Siguiendo con esta línea, aunque ya con un enfoque más dinámico, Plane y Rogerson (1986), estudian el modelo de transición $P(t+1)=P(t)C$, donde C es una matriz del mismo orden que $P(t)$, llamada matriz causativa, que transforma las probabilidades de transición desde el período t al período $(t+1)$. Los elementos de la matriz causativa son interpretados como medidas dinámicas de competencia interestados y pueden ser utilizados como indicadores de la influencia del estado i sobre el cambio de atracción de j como un destino.

Podría plantearse también la ecuación $P(t+1)= C\,P(t)$ y los elementos de C dan información sobre el cambio relativo en los orígenes para abastecer estados de destino. Sería un modelo de competencia en el origen, frente al anterior de competencia en el destino. En un modelo con una matriz causativa doble $P(t+1)=C\,P(t)\,C$, los elementos de la matriz C, juegan un doble papel que evita la elección arbitraria entre la perspectiva de origen y destino que se produce en los otros dos modelos, representando la medida de la influencia del estado i sobre el cambio en la probabilidad de movimiento hacia j desde cualquier origen, y también una medida de la influencia del estado j sobre el cambio en la probabilidad de movimiento desde i a cualquier destino.

No existen, en general, reglas para indicar cuál de estas aproximaciones es la mejor. Esto dependerá del sistema particular que se esté estudiando y del objetivo del mismo. Rogerson (1979) y Gómez (1997) obtuvieron que la hipótesis de tendencia lineal era mejor que usar solamente la última matriz, mientras que la conclusión de Snickars y Weibull (1977) fue justamente la opuesta. Rogerson y Plane (1984) sugieren que el método de la matriz causativa constante será mejor para aquellos sistemas con cambios relativamente rápidos, donde se espera que al menos a corto plazo ese cambio continúe, y el método de la media matricial, será más acertado para aquellos casos en los que haya pocos indicios de cuál va a ser la dirección del próximo movimiento[4].

(4) A pesar de la imposibilidad de definir un método como el mejor, se considera que el método de la matriz causativa constante presenta algunas ventajas, pues modera el efecto de la variabilidad de los datos. El problema que tienen todos estos modelos es que no explican el proceso migratorio, si bien son importantes debido a su aspecto dinámico.

3. MODELOS GRAVITATORIOS

Haciendo uso de las características de las regiones de origen y de destino y algún término que las relacione como la distancia, estos modelos tienen como objetivo explicar porqué los movimientos ocurren según lo observado. Existen muchos trabajos que utilizan los modelos gravitatorios pero, como afirman Hua y Porell (1979), al no existir acuerdo en su forma, estructura, fundamentos teóricos y metodológicos, no es fácil realizar un análisis comparativo.

Los estudios sobre movimientos (sentido general) en relación con la distancia son muy diversos y los modelos propuestos son fundamentalmente de dos tipos: aquéllos que se inspiran fuertemente en resultados de la Física, y los que intentan generalizar las observaciones realizadas mediante una fórmula matemática general. Una de las aportaciones más fructífera de la física en este campo, es la que procede de la teoría de la gravitación. La primera expresión que determinaba el número de migraciones entre dos estados, fue propuesta por Young (1928). La idea central es que el volumen de migración entre dos regiones es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa y directamente proporcional a la "fuerza de atracción" de la región de destino. Esta fuerza de atracción, cuando el desempleo y la renta están uniformemente distribuidas sobre las áreas, fue aproximada, en Zipf (1946), por las poblaciones de las regiones. El modelo de Zipf establece que el número de movimientos entre dos regiones, M_{ij}, cuyas poblaciones sean P_i y P_j, y siendo D_{ij} la distancia más corta que las separa, está dado por:

$$M_{ij} = K \frac{P_i P_j}{D_{ij}} \qquad (4)$$

Se han producido muchas discusiones sobre si la potencia del factor distancia debe ser distinta de la unidad. Así Stewart (1948) establece la siguiente expresión

$$M_{ij} = K \frac{P_i P_j}{D_{ij}^2}$$

y Ter Heide (1963) trabaja con el modelo

$$M_{ij} = K \frac{P_i P_j}{D_{ij}^a}$$

donde "*a*" es un parámetro que debe ser estimado.

De modo más general, el modelo gravitatorio (4) se puede formular de la siguiente forma (Isard, 1960),

$$M_{ij} = K \frac{\alpha_i P_i^{\alpha} \beta_j P_j^{\beta}}{D_{ij}^{\gamma}}$$

con α_i y β_j ponderaciones; y α, β y γ, parámetros.

En la aplicación de este esquema al estudio de la migración se ha ido relajando poco a poco la base geográfica a la vez que incorporándose un componente económico. Así, además de la distancia, se ha considerado también la migración desde el punto de vista de las oportunidades. Stouffer (1940) fue el primero en introducir el concepto de oportunidades más próximas: el número de migraciones a una distancia dada, es directamente proporcional al número de oportunidades a esa distancia e inversamente proporcional al número de oportunidades intermedias (el problema es encontrar una definición adecuada de oportunidades). Este método es una reformulación del modelo (4):

$$M_{ij} = K \frac{M_i \; M_j}{M_I^a} \tag{5}$$

donde M_i es el número total de emigrantes de la región *i*, M_j es el número total de inmigrantes en la región *j* y M_I es el número total de inmigrantes en lugares localizados entre *i* y *j*. Otra modificación del modelo (5), está dada por Stouffer (1960),

$$M_{ij} = K \frac{M_i \; M_j}{(M_I \cdot M_E)^a}$$

siendo M_E un indicador de la competición de migrantes.

El *modelo de Lowry* (1966), es una versión generalizada[5] del modelo (4), que incluye índices de la atracción relativa de las regiones:

$$M_{ij} = K \frac{U_i}{U_j} \frac{W_j}{W_i} \frac{L_i L_j}{D_{ij}} \tag{6}$$

siendo L_i, la mano de obra no agrícola en la región *i*; U_i, la tasa de desempleo en *i*; W_i, el salario por horas en la industria y D_{ij}, la distancia entre *i* y *j*.

Rogers (1967), utiliza el modelo (6) de Lowry, aunque realiza algunas modificaciones en la definición de las variables, (considerando la mano de obra en general) y usa, además, la renta per cápita, obteniendo el denominado *modelo Lowry-Rogers*:

$$M_{ij} = K \frac{U_i}{U_j} \frac{WS_j}{WS_i} \frac{LF_i \; LF_j}{D_{ij}} \tag{7}$$

donde LF_i, es el mercado laboral en *i*; WS_i, la renta per cápita, y D_{ij}, la distancia entre *i* y *j*. Al aplicar este modelo a los datos migratorios de California, obtiene que los coeficientes de la variable desempleo son muy sig-

(5) Otros trabajos son Levy-Wadycki (1973) y Lo (1991).

nificativos pero tienen signos opuestos a los esperados y no encontrando ninguna razón para ello, realiza un cambio en (5), dando lugar al *modelo de Rogers*:

$$M_{ij} = K \frac{WS_j}{WS_i} \frac{LF_i \; LF_j}{D_{ij}}$$

Se han efectuado otras modificaciones de los modelos de Lowry y Rogers, como la realizada por Fields (1979), que incluye las prestaciones por desempleo y pagos a la Seguridad Social entre las variables independientes.

Los trabajos analizados hasta ahora sólo consideran las relaciones entre la región de origen y una región de destino, olvidándose por completo del resto de las regiones. Alonso (1978) desarrolla una teoría general del movimiento (*modelos de interacción espacial*), en la que se tiene en cuenta el conjunto de todas las regiones. Para cada región define dos conjuntos de factores:

1. Factores específicos para cada región: V_i, de repulsión y W_j, de atracción.

2. Factores específicos del sistema: D_i, relacionado con los movimientos de salida; y C_j, relacionado con los movimientos de entrada.

En su forma más general, el *modelo de Alonso*, viene dado por:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_{ij} = V_i D_i^{\alpha_i - 1} W_j C_j^{\beta_j - 1} F_{ij} \\ M_{i*} = \sum_j M_{ij} = V_i D_i^{\alpha_i} \\ M_{*j} = \sum_i M_{ij} = W_j C_j^{\beta_j} \\ \mathrm{D_i} = \sum_k W_k C_k^{\beta_j - 1} F_{ik} \\ \mathrm{C_j} = \sum_k V_k D_k^{\alpha_i - 1} F_{kj} \end{array} \right. \qquad (8)$$

siendo F_{ij} una medida de "afinidad" entre i y j (inversa de la distancia, inversa del coste del movimiento, etc.) y α_i, β_j, parámetros que indican la respuesta de i y j, a los efectos del sistema. Los efectos del sistema, D y C, son los efectos de atracción y repulsión, en el sentido más general.

Anselin e Isard (1979) dan una definición, en principio, diferente para D y C: D es la atracción relativa de i por el resto del sistema y C sería la orientación de todas las salidas potenciales hacia un destino. Hua (1980) da otra interpretación de los efectos del sistema, con D proporcional a la inversa del coste medio del flujo de salida desde cada región y *C* proporcional al coste medio de los flujos de entrada a cada región, con $\alpha_i=\alpha$ y $\beta_j=\beta$, para todo *i,j*.

En relación a los flujos de migración, Fisch (1981) considera que los parámetros α_i y β_j son iguales para todo el sistema y Fotheringham (1991) supone que esos parámetros son específicos para cada región de origen e incluye índices de atracción.

En Wilson (1980) aparece el modelo de Alonso como equivalente a la familia de modelos de interacción espacial, al igual que en Ledent (1980). Los modelos de interacción espacial sin restricciones, con una o con doble restricción, pueden obtenerse como casos especiales a partir del modelo (8), tomando los parámetros α y β, los valores 0 y 1:

$\alpha=\beta=1$, modelo de interacción tradicional (gravitacional tradicional).

$\alpha=0$, $\beta=1$, modelo con restricción en el origen.

$\alpha=1$, $\beta=0$, modelo con restricción en el destino.

$\alpha=\beta=0$, modelo con doble restricción.

Los modelos de Markov también se pueden derivar como un caso particular de este tipo de modelos, con

$$W_j=D_j=1,\ V_i=P_i,\ \text{y}\ F_{ij}=\frac{M_{ij}}{P_i}$$

El modelo (3) puede expresarse en términos de la notación general de los modelos de movilidad de Alonso, definiendo

$$V_i=P_i(t-1) \quad W_j=\left(\frac{A_j(t-1)}{A_j(b-1)}\right)^{\gamma} \qquad F_{ij}=\frac{M_{ij}(b)}{P_i(b-1)} \qquad D_i=\sum_j M_{ij}(b)\left(\frac{A_j(t-1)}{A_j(b-1)}\right)^{\gamma}$$

con $\alpha=0$ y $\beta=1$, de forma que desaparece C_j.

Por otra parte, a partir de la teoría de elección de Luce *et al.* (1963) y trabajando con procesos de semi-markov, Ginsberg (1972) obtiene un modelo gravitacional.

Existen otras variaciones en la formulación general[6], en el sentido de que los flujos migratorios deberían ir junto a una constante de proporcionalidad, como en Anselin e Isard (1979), quienes consideran que mientras *C* y *D* incorporan los efectos del sistema centrados en cada origen y des-

(6) Otros investigadores han intentado estudiar más a fondo este modelo, con el fin de obtener interpretaciones intuitivas de las variables. Tal es el caso de Porell (1982), Smith (1991) y Rees (1994).

tino, la constante debería caracterizar el movimiento total del sistema. El problema de este modelo de Alonso, es que los parámetros α_j y β_j deben ser estimados empíricamente más que predeterminados y no da un método de cómo estimarlos de manera consistente[7].

Por otro lado, Gordon (1988) considera que en el modelo gravitacional convencional, $\left(M_{ij}=A_i B_j f(d_{ij}) e_{ij}\right.$, siendo e_{ij} el error$\left.\right)$, las variables contenidas en los factores *A* y *B* ejercen el mismo efecto proporcional (absoluto y en relación el uno con el otro) sobre cualquier distancia. Por ello, desarrolla una generalización del modelo gravitatorio, dando lugar a lo que se denomina *modelo de interacción de múltiples estados* (*multi-stream interaction model*):

$$M_{ij}=\sum_s A_i^s B_j^s f^s(d_{ij}) e_{ij}^s$$

donde *s* denota una corriente migratoria homogénea del conjunto de flujos heterogéneos. Distingue tres tipos de corrientes migratorias dentro de un país: nacional, regional y local, y en principio asociada con la motivación de empleo, condiciones ambientales y de vivienda, respectivamente. Boyle (1993) trabaja también con un modelo de migración de múltiples estados[8], distinguiendo además de la distancia recorrida, el tipo de origen y destino.

Devillanova y García-Fontes (1998) realizan una extensión del modelo gravitacional, estimando los flujos migratorios brutos entre provincias en España, para el período 1978-1992, mediante la regresión Binomial Negativa Generalizada.

4. Modelos económicos

Dentro de este grupo incluimos aquellos modelos que poseen una mayor fundamentación económica y tienen carácter explicativo y predictivo. Destaca el trabajo de Sjaastad (1962) que permite modelar la migración como una inversión en capital humano. Los migrantes potenciales basan su decisión sobre la corriente futura de beneficios y costes, evaluando la utilidad esperada, *E(U)*, derivada del valor presente descontado del beneficio de vivir en cualquier área,

$$E\left\{U\left[R_j(0)\right]\right\} = \int_0^T \exp(-rt) U\left[R_j(t)\right] dt$$

siendo *T* el horizonte temporal (como la edad de jubilación) sobre el que calcula sus beneficios, los cuales se supone que varían de forma continua mediante una tasa *R(t)* desde el período corriente (*t*=0) y *r* es la tasa de

(7) Porell y Hua (1981) estiman dichos parámetros en tres pasos.

(8) Otros trabajos en esta línea son, entre otros, Molho (1984) y Gordon y Molho (1985).

descuento. El coste medio descontado del movimiento a j está calculado como

$$E\left[C_{ij}(0)\right] = \int_0^T \exp(-rt) C_{ij}(t)\, dt$$

En este modelo se puede incluir la aversión al riesgo y la incertidumbre en la formación de expectativas y en la evaluación de las tasas de descuento[9]. Esto sugiere la existencia de factores económicos, sociales y medioambientales, que afectan a la decisión de la migración y no sólo a cuestiones relacionadas con los salarios. También considera que la migración varía en función de diferentes caracteres, como la edad (pues los más viejos tienen un horizonte temporal más corto en el que disfrutar de los beneficios), y la dimensión espacial (al tener en cuenta el coste del movimiento). El modelo presenta el inconveniente de la falta de información de los individuos para calcular los costes y los beneficios.

Speare (1971) trabaja con un modelo basado en el proceso de decisión del migrante potencial, desarrollando el modelo de coste-beneficio propuesto por Sjaastad. Intenta explicar no sólo porqué los migrantes se mueven, sino también porqué los no migrantes no se mueven; determinando empíricamente cuáles son las ponderaciones de los factores coste-beneficio que permiten distinguir entre migrantes y no migrantes. Sin embargo el modelo presenta problemas a la hora de llevarlo a la práctica, pues es muy difícil determinar el coste psíquico, el no monetario y la calidad de la información de una manera significativa.

Todaro (1969), en el contexto del estudio de la migración rural-urbana, considera que no sólo hay que tener en cuenta los diferenciales de renta sino más bien los diferenciales esperados de renta, es decir, el diferencial de renta ajustado por la probabilidad de encontrar empleo. Por ello, incluye el desempleo en la región de destino como aproximación a la probabilidad de que un migrante potencial pueda encontrar empleo en un tiempo razonable[10]. La base de este modelo es el supuesto de que la tasa de migración rural-urbana neta está determinada por la diferencia entre los flujos descontados de los ingresos reales esperados en los sectores urbano y rural, expresando esta diferencia como porcentaje del flujo descontado de ingresos rurales. Formalmente, su expresión es:

$$\frac{N}{P_u}(t) = F\left[\frac{V_u(t) - V_r(t)}{V_r(t)}\right] \tag{9}$$

siendo N, la migración rural-urbana neta; P_U, la población activa urbana; $V_S(t)$, el valor presente descontado del flujo de ingresos reales esperados en la región S (S=U,R; urbano y rural respectivamente), de un trabajador no especializado a lo largo de un horizonte temporal predeterminado; y F,

(9) Ver Molho (1986), p. 399.

(10) Siguiendo esta línea, está el trabajo de Harris y Todaro (1970).

una función creciente. Si, además, se supone que el horizonte temporal de todos los trabajadores es el mismo, que los costes fijos de migración son idénticos para todos y que el factor de descuento es constante en el tiempo e igual para cualquier migrante, el *modelo de Todaro* (9) puede formularse como

$$V_R(0) = \int_{t=0}^{n} Y_R(t)\, e^{-rt}\, dt \qquad \text{y} \qquad V_U(0) = \int_{t=0}^{n} p(t)\, Y_U(t)\, e^{-rt}\, dt - C(0)$$

siendo $Y_S(t)$, los ingresos medios reales de los individuos empleados en el núcleo S ($S=U,R$, urbano y rural respectivamente), en el período t; r, la tasa de descuento que refleja el grado de preferencia temporal del migrante; $C(0)$, el coste fijo inicial de migración y $p(t)$, la probabilidad de obtener un empleo en el sector urbano al nivel de ingreso medio en el período t.

Con estas condiciones, la decisión de emigrar dependerá de si es positiva o no la diferencia entre $V_U(0)$ y $V_R(0)$. Y es posible que se produzcan migraciones hacia las ciudades, aún cuando las tasas de desempleo de las mismas sean más altas que las del campo, siempre que la diferencia de salarios entre el campo y la ciudad sea suficientemente grande.

Cabe destacar dentro de este bloque, los trabajos de series temporales, que han dado lugar al desarrollo de modelos dinámicos migratorios, con la utilización de retardos en las variables independientes. Podemos señalar el estudio de Greenwood y Hunt (1984), quienes a partir de la migración neta, *MN*, estudian el siguiente modelo (suponiendo un sistema cerrado):

$$MN_{i,t} = C_i + \sum_j \alpha_{ij} X_{ij,t} + \sum_j \beta_{ij} Y_{ij,t} + \sum_j \beta^*_{ij} Y_{ij,t-1} + \sum_{k=0}^{n} \sum_j \gamma_{kij} Z_{kij,t} + e_{i,t}$$

siendo $X_{ij,t}$, variables reflejando empleo; $Y_{ij,t}$, variables de renta; $Z_{kij,t}$, otros factores que pueden influir y $e_{i,t}$ el término de error.

Gruidl y Pulver (1991) emplean series temporales multivariantes para estudiar la relación entre migración y empleo, mediante un modelo autoregresivo[11]. Otro trabajo importante es el de Pissarides y MCMaster (1990) donde se estima una ecuación de migraciones, en la que las variables independientes son las diferencias salariales y las diferencias de desempleo[12] y después se estima otra ecuación de ajuste de diferencias salariales como un proceso autoregresivo.

(11) A partir del modelo gravitatorio, Frees (1993) incorpora series temporales y usa datos de corte transversal, incluyendo variables exógenas retardadas, para poder realizar predicciones a corto plazo.

(12) No existe acuerdo entre si utilizar el cociente o la diferencia entre las variables. Trabajar con diferencias ha sido justificado teóricamente por Becker (1962) [Salvatore (1977)], pero la expresión en forma de cocientes ha sido más utilizada en la práctica.

El modelo de Pissarides y MCMaster ha sido aplicado a diferentes países. En España, Bentolila y Dolado (1990), basándose en este modelo, calculan el diferencial entre los beneficios y costes del movimiento, examinando las variables que influyen en tal diferencial.

En la misma línea que el anterior, González Pérez (1991) hace un estudio de los flujos migratorios por Comunidades Autónomas, para el período 1960-1985, admitiendo que la movilidad se produce con la finalidad de maximizar beneficios y suponiendo la hipótesis de empleos vacantes.

El modelo de Santiago Hernando (1994), tiene en común con los dos anteriores el planteamiento general de la ecuación de migraciones. Como novedad presenta la especificación de ajuste de los salarios[13] y la ecuación de desempleo que está definida de un modo tautológico.

Serrano (1998), analiza las migraciones interprovinciales para el período 1964-93, siguiendo el modelo de Harris y Todaro (1970) y los refinamientos del mismo realizados por Pissarides y Wadsworth (1989) y Bentolila y Dolado (1991).

Juarez (2000) estudia los determinantes de los flujos de trabajadores en España por Comunidades Autónomas pero, a diferencia de los demás, trabaja con flujos brutos.

Otro grupo de modelos dentro de este bloque, serían los modelos migratorios basados en la teoría de elección discreta, fundamentada en el axioma de maximización de la utilidad, obteniendo los conocidos modelos *logit* y *probit*[14].

Se puede distinguir también entre modelos que tienen en cuenta sólo dos alternativas (quedarse en la región de origen o emigrar hacia una región cualquiera) y modelos en los que el conjunto de elección está formado por distintas regiones. En el primer caso, son más importantes los factores de repulsión[15] y en el segundo se da más importancia a los factores de atracción[16].

5. Ecuación master migratoria

Algunos procesos dinámicos no pueden ser comprendidos simplemente como una secuencia de estructuras en equilibrio dependientes del tiempo. La descripción y el proceso de formación de estas estructuras

(13) Trabaja con salarios reales.

(14) Cabe destacar entre otros, Moss (1979), Banerjee (1983), Lo (1991) y Thomas (1993), con logit multinomial y Evers y Van Der Veen (1985), Liaw y Ledent (1987), Boots y Kanaroglou (1988), con logit anidado; Albériko Gil y Jimeno (1993), con probit multinomial. Hay muy pocos trabajos que utilizan el probit multinomial, debido a que la estimación de parámetros es muy laboriosa. En su lugar, se suele utilizar el logit anidado.

(15) Podemos encontrar trabajos con este modelo en Goss y Schoening (1984), Shields y Shields (1989), Harkman (1989) y Bover y Antolín (1993).

(16) Cabe destacar los trabajos de Schultz (1982), Evers y Van Der Veen (1985), Gabriel *et al.* (1987), Liaw y Ledent (1987); y en España, el de Albériko Gil y Jimeno (1993).

requieren conceptos matemáticos dinámicos que describan el fenómeno aún cuando no esté en equilibrio, es decir, la evolución temporal del sistema que puede llegar a ser inestable. Este nuevo enfoque viene dado por la ecuación master.[17]

Si consideramos una población distribuida en *L* estados y notamos por $n=(n_1,n_2,\dots,n_L)^{tr}$ la distribución poblacional en un tiempo dado en los *L* estados, con n_i la población del estado *i*, y *P(n;t)* la probabilidad de que se dé el estado *n* en *t*, la ecuación master migratoria viene dada por[18]

$$\frac{d}{dt}P(n;t)=\sum_{m\neq n}\left[W(n/m;t)\ P(m;t)-W(m/n;t)\ P(n;t)\right]$$

siendo

$$W(n/m;t)=\frac{\partial}{\partial\Delta t}P(n;t+\Delta t/m;t)\Big|_{\Delta t=0}$$

Es una ecuación de tasas de transición que expresa la dinámica en la probabilidad de cambio del estado *n,* la cual se puede descomponer como la suma de dos términos con efectos opuestos:

• Aumento debido a cambios en la tasa de transición del estado *m* al *n*.

• Disminución debido a cambios en la tasa de transición del estado *n* al *m*.

Es decir, llegadas al estado *n* y salidas del estado *n*. Las *W(n/m;t)* indican tasas de transición por unidad de tiempo desde el estado *m* al estado *n*.

Como los cambios producidos en el estado del sistema pueden ser debidos tanto al crecimiento natural como a las migraciones, se puede descomponer la ecuación master en varios sumandos

$$\frac{d}{dt}P(n;t)=[\frac{d}{dt}P(n;t)]_{MIGR}+[\frac{d}{dt}P(n;t)]_{CN}$$

cada uno de los cuales refleja la variación debida, o, al crecimiento natural (*CN*), o, a la migración (*MIGR*).

Para la parte correspondiente a las migraciones, si $p_{ij}(t,\Delta t)$ es la probabilidad de transición del estado *i* al estado *j* durante el intervalo de tiempo $[t,\ t+\Delta t]$ para un individuo particular de *i*, tenemos que *la intensi-*

(17) Reiner *et al.* (1986), muestran que los sistemas migratorios modelizados a través de la ecuación master, pueden exhibir un comportamiento caótico bajo ciertas condiciones. Sturis y Mosekilde (1988) comprueban la existencia de atractores extraños en un sistema migratorio cuatro-dimensional.

(18) Consultar Weidlich y Haag (1988).

dad de transición por unidad de tiempo para dicho individuo desde el estado i al j, está dada por

$$q_{ij}(\mathrm{t}) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{p_{ij}(\mathrm{t}, \Delta\,\mathrm{t})}{\Delta\,\mathrm{t}}$$

y para intervalos infinitesimales, $p_{ij}(t,\Delta t)=q_{ij}(t)\Delta t$. Suponiendo que los individuos deciden cambiar de estado de forma independiente y que sólo hay una transición por unidad de tiempo (esto se puede hacer pues estamos tomando intervalos infinitesimales), la tasa de transición se puede expresar como[19]

$$W_{ij}(n) \equiv W_{ij}(n_i,n_j)=q_{ij}(t)n_i$$

es decir, la tasa de transición desde *i* a *j*, W_{ij}, es n_i veces la tasa de transición individual $q_{ij}(t)$, pues cualquiera de las n_i personas en la región *i* puede emigrar independientemente a la región *j* con una tasa $q_{ij}(t)$.

Toda la dinámica del sistema va a depender de las tasas de transición individuales, $q_{ij}(t)$, las cuales se definen en términos de las funciones de utilidad, u_i, que caracterizan la atracción de cada región.

Las expresiones utilizadas para las tasas de transición son funciones de las diferencias o cocientes de las utilidades de las regiones de origen y destino, ver Faura-Martínez y Gómez-García (2001):

$$q_{ij}=exp\left(u_j-u_i\right) \qquad q_{ij}=exp\left(\frac{u_j}{u_i}\right) \qquad q_{ij}=\frac{u_j}{u_i}$$

Además, si se incluyen otros factores que reflejan los efectos de distancia geográfica, social o económica, quedan para las tasas individuales las siguientes expresiones:

$$q_{ij}=\nu_{ij}(t)exp\left(u_j-u_i\right) \qquad q_{ij}=\nu_{ij}(t)exp\left(\frac{u_j}{u_i}\right) \qquad q_{ij}=\nu_{ij}(t)\frac{u_j}{u_i}$$

con un factor de movilidad $\nu_{ij}(t)$ que normalmente es simétrico, y un factor de atracción/repulsión dependiendo de las funciones de utilidad del estado de origen, u_i, y del estado de destino, u_j.

Por tanto, para las tasas de transición se han propuesto los siguientes modelos[20]:

Modelo 1

$$W_{ij}(n_j,n_i)=n_i\nu_{ij}(t)exp\left(u_j(n_j+1)-u_i(n_i)\right)$$

(19) Demostración en Kanaroglou *et al.* (1986).

(20) La única expresión utilizada en los distintos trabajos sobre migración mediante la ecuación master, es la correspondiente al modelo 1. Para profundizar sobre el resto de los modelos consultar Faura-Martínez *et al.* (2000).

Modelo 2

$$W_{ij}(n_j, n_i) = n_i \nu_{ij}(t) exp\left(\frac{u_j(n_j+1)}{u_i(n_i)}\right)$$

Modelo 3

$$W_{ij}(n_j, n_i) = n_i \nu_{ij}(t)\left(\frac{u_j(n_j+1)}{u_i(n_i)}\right)$$

donde u_i es función del tamaño poblacional, de forma que la utilidad u_i del estado de origen, depende de la población n_i perteneciente al estado n antes de la migración y, la utilidad u_j del estado de destino, depende de la población (n_j+1) perteneciente al estado después de la migración.

En esta línea de estudio, para los factores de movilidad se ha establecido la descomposición dada por $\nu_{ij}(t)=\nu_0(t)f_{ij}$, siendo $\nu_0(t)$ un factor de movilidad global, que caracteriza la movilidad media de la población bajo estudio, con f_{ij}, dependiente de los estados de origen y destino. Es posible que el término f_{ij} también dependa del tiempo (a diferencia de los supuestos tradicionales) $\nu_{ij}(t)=\nu_0(t)f_{ij}(t)$, y se puede relacionar este factor con una serie de variables explicativas como la distancia económica, geográfica o psicológica:

$$f_{ij}(t) = a(t)\exp\left(-\beta_t d_{ij}^{\theta}\right) \tag{10}$$

$$f_{ij}(t) = a(t) d_{ij}^{-\theta\beta_t} \tag{11}$$

$$f_{ij}(t) = a(t)\exp\left(\frac{-\beta_t d_{ij}^{\theta_1}}{1+\gamma_t d_{ij}^{\theta_2}}\right) \tag{12}$$

$$f_{ij}(t) = a(t)\frac{\exp\left(\beta_t d_{ij}^{\theta}\right)}{\exp\left(\beta_t d_{ij}^{\theta}\right)+\gamma} \quad \text{con } \gamma > 0 \tag{13}$$

Las hipótesis (10) y (11) son las hipótesis de dependencia exponencial y potencial, donde el parámetro θ puede tomar cualquier valor[21]. Como distancias grandes o pequeñas pueden infravalorar esas medidas, otra posibilidad es la dada por (12), en la que γ es un parámetro asociado con el efecto de saturación, y θ_1 y θ_2 nos indican la fuerza con la que depende de la distancia[22]. En (13) expresamos una dependencia logística[23], con $\theta>0$.

(21) Siempre se ha tomado $\theta=1$. Consultar Haag *et al.* (1992).

(22) Al igual que en el caso anterior, sólo ha sido considerado el caso $\theta_1=\theta_2=1$.

(23) Este caso no ha sido aplicado nunca en este contexto.

La función de utilidad, u_i, se suele descomponer en dos partes. Una, dependiente del tamaño (s_i), y otra, que indique las "preferencias" por una u otra región independientemente del tamaño (δ_i), $u_i(n_i;t)=s_i(n_i;t)+\delta_i(t)$. Sobre la forma que puede tener la parte referente al tamaño[24] se han ensayado diversas posibilidades:

$$u_i(n_i;t)=\delta_i(t)+\kappa n_i(t)+\sigma n_i^2(t) \tag{14}$$

$$u_i(n_i;t)=\delta_i(t)+\kappa ln(n_i(t))$$

$$u_i(n_i;t)=\delta_i(t)$$

siendo $\kappa>0$ un parámetro que representa la tendencia de la población a concentrarse. El parámetro σ, llamado parámetro de saturación, recoge todos aquellos factores que dependan de las interacciones entre cada par de individuos del área *i*. Los parámetros $\{\delta_i,\kappa,\sigma\}$ reciben el nombre de *parámetros de tendencia* del sistema. Existen trabajos empíricos que apoyan el uso de la hipótesis (14)[25]. En Faura-Martínez *et al.* (2000) se considera también la posibilidad de que los parámetros dependan del tiempo o del estado del sistema.

Por último, queremos destacar que planteados los modelos como ecuaciones diferenciales estocásticas, la solución en cada *t* es una variable aleatoria con su distribución de probabilidad que dependerá de la forma que tengan las tasas de transición[26]. La potencia del método es muy superior a otros modelos utilizados puesto que se sustituye la información de una característica poblacional por el conocimiento de la distribución de probabilidad. Además, permite obtener la función de correlación entre las distribuciones de probabilidad correspondientes a diferentes momentos del tiempo, mejorando así el poder explicativo del modelo. El estudio de la existencia de solución y de las propiedades de ésta, según la forma de las tasas de transición así como el poder explicativo del modelo define un campo de investigación de gran interés.

6. Conclusiones

Son muy numerosos los trabajos que se han realizado sobre la modelización de los movimientos migratorios con el objetivo de explicar las causas que los producen y predecir los flujos futuros de migrantes. En este trabajo se ha hecho una revisión de la bibliografía existente, clasificando los modelos en cuatro bloques: Modelos Markovianos, Gravitatorios, Económicos y Ecuación Master.

(24) Consultar Haag y Max (1995), p.246.

(25) Ver Weidlich y Haag (1988).

(26) En Faura-Martínez *et al.* (2000) podemos encontrar una aplicación de la ecuación master para estudiar los flujos migratorios en España.

Los modelos Markovianos surgen a partir de los procesos de Markov y tienen carácter predictivo. Las sucesivas modificaciones de los modelos, por debilitamiento de la hipótesis formulada, han ido incorporando un carácter dinámico y explicativo, al expresar las probabilidades de transición como funciones del tiempo y/o de variables económicas de las regiones de origen y destino.

Los modelos Gravitatorios basados en la teoría física de la Gravitación tienen un carácter estático y explicativo. Es de destacar el modelo de interacción espacial de Alonso (1978) en el que intervienen todas las regiones del sistema y que incluye como casos particulares a la mayoría de los modelos, incluso los markovianos.

Los modelos Económicos consideran la migración como una inversión, tienen carácter explicativo y predictivo, e incluyen en este grupo los modelos de series temporales y los modelos logit y probit.

Los modelos basados en la Ecuación Master son modelos planteados como Ecuaciones Diferenciales Estocásticas cuya solución, en cada *t*, es una variable aleatoria con su distribución de probabilidad que dependerá de la forma que tengan las tasas de transición, tienen carácter dinámico y explicativo. El poder explicativo de estos modelos mejora respecto al de otros tipos de modelos utilizados en este contexto, puesto que se sustituye la información de una característica poblacional por el conocimiento de la distribución de probabilidad. Esto permite, a su vez, obtener la función de correlación entre las distribuciones de probabilidad correspondientes a diferentes momentos del tiempo, mejorando así el poder explicativo del modelo.

Referencias bibliográficas

Albériko Gil, L. y Jimeno, J. F. (1993): "The Determinants of Labour Mobility in Spain. Who are the Migrants", FEDEA, Documento de trabajo nº 93-05.

Alonso, W. (1978): "A Theory of Movement", en *Human Settlement Systems: International Perspective on Structure, Change, and Public Policy*, Ed. Hansen, Cambridge, M.A., Ballinger, pp. 197-211.

Anselin, L. y Isard, W. (1979): "On Alonso´s General Theory of Movement", *Man, Environment, Space and Time*, vol. 1, nº 1, pp. 52-63.

Banerjee, B. (1983): "The Role of the Informal Sector in the Migration Process. A Test of Probabilistic Migration Models and Labour Market Segmentation for India", *Oxford Economics Papers*, vol. 35, pp. 399-422.

Bentolila, S. y Dolado, J. J. (1990): "Mismatch and Internal Migration in Spain", Banco de España, Documento de trabajo, nº 9006.

Bentolila, S. y Dolado, J. J. (1991): "Mismatch and Internal Migration in Spain. 1962-86", en Padoa-Schioppa, ed., *Mismatch and Labour Mobility*, Cambridge University Press, pp. 182-234.

Blumen, I.; Kogan, M. y Mccarthy, P. J. (1955): "The Industrial Mobility of Labor as a Probability Process", *Cornell Studies of Industrial and Labor Relations*, nº6, Ithaca, N.Y. Cornell University Press.

Boots, B. N. y Kanaroglou, P. S. (1988): "Incorporating the Effects of Spatial Structure in Discrete Choice Models of Migration", *Journal of Regional Science*, vol. 28, nº 4, pp. 495-507.

Bover, O. y Antolín, P. (1993): "Migraciones regionales en España", Banco de España, Documento de Trabajo nº 9318.

Boyle, P. (1993): "A Three-Dimensional Approach to Multistream Migration Modeling: Local-Level Flows in Hereford and Worcester", *Environment and Planning A*, vol. 25, nº 9, pp. 1279-1293.

Congdon, P. (1991): "An Application of General Linear Modelling to Migration in London and South East England", *Migration Models*, Ed. Stillwell-Congdon, pp. 113-136.

Davanzo, J. (1978): "Does Unemployment Affect Migration?. Evidence from Micro Data", *Review of Economics and Statistics*, vol. 60, pp. 504-514.

Devillanova, C. y García-Fontes, W. (1998): "Migration across Spanish Provinces: Evidence from the Social Security Records (1978-1992)", FEDEA, Documento de Trabajo 98- 42.

Evers, G. H. M. y Van Der Veen, A. (1985): "A Simultaneous non-linear Model for Labor Migration and Commuting", *Regional Studies*, vol. 19, pp. 217-229.

Faura Martínez, U. (1999): Modelización estocástica de los movimientos migratorios, Tesis Doctoral, Universidad de Murcia.

Faura-Martínez, U.; Gómez-García, J. y Aranda, J. (2000): "Estudio de la migración interregional en España, a través de la Ecuación Master", *Estudios de Economía Aplicada*, nº 16, pp. 63-92.

Faura-Martínez, U. y Gómez-García, J. (2001): "Nuevos modelos estocásticos para modelizar los flujos migratorios. Aplicación en España", pendiente de publicar en *Investigaciones Económicas*.

Feeney, G. (1973): "Two Models for Multiregional Population Dynamics", *Environment and Planning A*, vol. 5, pp. 31-43.

Fields, G. S. (1979): "Place-to-Place Migration: Some New Evidence", *Review of Economics and Statistics*, vol. 61, pp. 21-32.

Fisch, O. (1981): "Contributions to the General Theory of Movement", *Regional Science and Urban Economics*, vol. 11, pp. 157-173.

Fotheringham, S. (1991): "Migration and Spatial Structure: The Development of the Competing Destinations Model", en *Migration Models, Macro and Micro Approaches*, Ed. Stillwell and Congdon, pp. 57-72.

Frees, E. W. (1993): "Short-Terms Forecasting of Internal Migration", *Environment and Planning A*, vol. 25, pp. 1593-1606.

Gabriel, S. A.; Justman, M. y Levy, A. (1987): "Place-to-Place Migration in Israel. Estimates of Logistic Model", *Regional Science and Urban Economics*, vol. 17, pp. 595-606.

Gale, S. (1972): "Stochastic Stationary and the Analysis of Geographic Mobility", Papers presented to the 22nd International Geographical Congress, Montreal, Toronto.

Geweke, J.; Marshall, C. y Zarkin, G. A. (1986): "Mobility Indices in Continuous Time Markov Chains", *Econometrica*, vol.54, nº 6, pp. 1407-1423.

Gilbert, G. (1973): "Semi-Markov Processes and Mobility: A Note", *Journal of Mathematical Sociology*, vol. 3, pp. 139-145.

Ginsberg, R. B. (1971): "Semi-Markov Processes ad Mobility", *Journal of Mathematical Sociology*, vol. 1, pp. 233-262.

Ginsberg, R. B. (1972): "Incorporating Causal Structure and Exogenous Information with Probabilistic Models: With Reference to Choice, Gravity, Migration, and Markov Chains", *Journal of Mathematical Sociology*, vol. 2, pp. 83-103.

Ginsberg, R. B. (1979a): "Timing and Duration Effects in Residence Histories and Other Longitudinal Data. I.- Stochastic and Statistical Models", *Regional Science and Urban Economics*, vol. 9, pp. 311-331.

Ginsberg, R. B. (1979b): "Timing and Duration Effects in Residence Histories and Other Longitudinal Data. II.- Studies of Duration Effects in Norway, 1965-1971", *Regional Science and Urban Economics*, vol. 9, pp. 369-392.

Gómez Garcia, J. (1997): "Movimientos migratorios intermunicipales en la C.A. de Murcia: Un enfoque Markoviano", *Cuadernos de Economía Murciana*, 12.

González Pérez, J. M. (1991): "Modelo explicativo de los flujos migratorios en España: Incidencia en la dispersión del desempleo interregional 1960-85", Documento de Trabajo, nº 33, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de la Laguna, Diciembre 1991.

Goodman (1961): "Statistical Methods for the Moyer-Stayer Model", *Journal of the American Statistical Association*, vol. 56, pp. 841-868.

Gordon, I. y Molho, I. (1985): "Women in the Labour Markets of the London Region: A Model of Dependence and Constraint", *Urban Studies*, vol. 22, pp. 367-386.

Gordon, I. (1988): "Interdistrict Migration in Great-Britain 1980-81: A Multi-Stream Model with a Commuting Option", *Environment and Planning* A, vol. 20, pp. 907-924.

Goss, E. P. y Schoening, N. C. (1984): "Search Time, Unemployment and the Migration Decision", *Journal of Human Resources*, vol. 19, pp. 570-581.

Greenwood, M. J. (1975): "Research on Internal Migration in the United States: A Survey", *Journal of Economic Literature*, vol. 13, pp. 397-433.

Greenwood, M. J. (1985): "Human Migration: Theory, Models, and Empirical Studies", *Journal of Regional Science*, vol.25, nº 4, pp. 521-544.

Greenwood, M. J. (1993): "Migration: A Review", *Regional Studies*, vol. 27, nº 4, pp. 295-296.

Greenwood, M. J. y Hunt, G. L. (1984): "Econometrically Accounting for Identities and Restrictions in Models of Interregional Migration", *Regional Science and Urban Economics*, vol. 14, pp. 113-128.

Gruidl, J. S. y Pulver, G. C. (1991): "A Dynamic Analysis of Net Migration and State Employment Change", *Review of Regional Studies*, vol. 21, nº 1, pp. 21-38.

Haag, G.; Munz, M.; Pumain, D.; Sanders, L. y Th. Saint-Julien (1992): "Interurban Migration and the Dynamics of a System of Cities: 1.The Stochastic Framework with Application to the French Urban System", *Environment and Planning A*, vol. 24, pp. 181-198.

Harkman, A. (1989): "Migration Behavior among the Unemployed and the Role of Unemployment Benefits", *Papers of the Regional Science Association*, vol. 66, pp. 143-150.

Harris, J. R. y Todaro, M. P. (1970): "Migration, Unemployment and Development: A Two-Sector Analysis", *American Economic Review*, vol. 60, nº 1, pp. 126-142.

Hua, C-I. (1980): "An Exploration of the Nature and Rationale of a Systematic Model", *Environment and Planning A,* vol. 12, pp. 713-726.

Hua, C-I. y Porell, F. (1979): "A Critical Review of the Development of the Gravity Model", *International Regional Science Review*, vol. 4, pp. 97-126.

Isard, W. (1960): *Methods of Regional Analysis*, Cambridge, MIT Press.

Isserman, A. M.; Plane, D. A.; Rogerson, P. A. y Beaumont, P. M. (1985): "Forecasting Interstate Migration with Limited Data: A Demographic-Economic Approach", *Journal of the American Statistical Association*, vol. 80, nº 390, pp. 277-285.

Jayet, H. (1989): "Markovian Foundations for an Accounting System of Job Mobility", *Papers of the Regional Science Association*, vol. 64, pp. 69-78.

Juarez, J. P. (2000): "Analysis of Interregional Labor Migration in Spain Using Gross Flows", *Journal of Regional Science*, vol. 40, nº 2, pp. 377-399.

Kanaroglou, P.; Liaw, K-L. y Papageorgiou, Y. Y. (1986): "An Analysis of Migration Systems: 1. Theory", *Environment and Planning A*, vol. 18, pp. 913-928.

Kelton, C. M. L. (1981): "Estimation of Time-Independent Markov Processes with Aggregate Data: A Comparison of Techniques", *Econometrica*, vol. 49, nº 2, pp. 517-518.

Ledent, J. (1980): "Calibrating Alonso´s General Theory of Movement: The Case of Interprovincial Migration Flows in Canada", *Sistemi Urbani*, pp. 327-358.

Levy, M. B. y Wadycki, W. J. (1973): "The Influence of Family and Friends on Geographic Labor Mobility, An International Comparison", *The Review of Economics and Statistics*, vol. 55, pp. 198-203.

Liaw, K-L. y Lendent, J. (1987): "Nested Logit Model and Maximun Quasi-Likelihood Method. A Flexible Methodology for Analyzing Interregional Migration Patterns", *Regional Science and Urban Economics*, vol. 17, pp. 67-88.

Lo, L. (1991): "Spatial Structure and Spatial Interaction, A Simulation Approach", *Environment and Planning A*, vol. 23, nº 9, pp. 1278-1300.

Lowry, I. (1966): *Migration and Metropolitan Growth: Two Analytic Models*, Ed. Chandler, San Francisco.

Luce, R. D.; Bush, R. y Galanter, E. (1963): *Handbook of Mathematical Psychology*, vol.I,II, Nueva York, Wiley.

MaCRae, E. C. (1977): "Estimation of Time-Varying Markov Processes with Aggregate Data", *Econometrica*, vol. 45, nº 1, pp. 183-198.

Mayer, A. (1968): "Age and Mobility: Two Approaches to the Problem of Nostationarity", *Paper of American Sociological Association*, Boston.

MCFarland, D. D. (1970): "Intragenerational Social Mobility as a Markov Process, Including a Time-Stationary Markovian Model that Explains Observed Declines in Mobility Rates over Time", *American Sociological Review*, vol. 35, pp. 463-475.

MCGinnis, R. (1968): "A Stochastic Model Social Mobility", *American Sociological Review*, vol. 33, nº 5, pp. 712-721.

Molho, I. (1984): "A Dynamic Model of Interregional Migration Flows in Great Britain", *Journal of Regional Science,* vol. 24, nº 3, pp. 317-337.

Molho, I. (1986): "Theories of Migration: A Review", *Scottish Journal of Political Economy*, vol. 33, nº 4, pp. 396-419.

Moss, W. G. (1979): "A Note on Individual Choice Models of Migration", *Regional Science and Urban Economics*, vol. 9, pp. 333-343.

Navratil, F. J. y Doyle, J. J. (1977): "The Socioeconomic Determinants of Migration and the Level of Aggregation", *Southern Economic Journal*, vol. 43, pp. 1547-1559.

Pissarides, C. A. y MCMaster, I. (1990): "Regional Migration, Wages and Unemployment: Empirical Evidence and Implications for Policy", *Oxford Economic Papers*, nº 42, pp. 812-831.

Plane, D. A. (1982): "An Information Theoretic Approach to the Estimation of Migration Flows", *Journal of Regional Science*, vol. 22, pp. 441-456.

Plane, D. A. y Rogerson, P. A. (1985): "Economic-Demographic Models for Forecasting Interregional Migration", *Environment and Planning A*, vol. 17, pp. 185-198.

Plane, D. A. y Rogerson, P. A. (1986): "Dynamic Flow Modeling with Interregional Dependency Effects: An Application to Structural Change in the U.S. Migration System", *Demography*, vol. 23, nº 1, pp. 91-104.

Porell, F. W. (1982): "Intermetropolitan Migration and Quality of Life", *Journal of Regional Science*, vol. 22, nº 2, pp. 137-158.

Porell, F. W. y Hua, C.-I. (1981): "An Econometric Procedure for Estimation of a Generalized Systemic Gravity Model under Incomplete Information about the System", *Regional Science and Urban Economics*, nº 11, pp. 585-606.

Rees, P. (1994): "Estimating and Projecting the Populations of Urban Communities", *Environment and Planning A*, vol. 26, pp. 1671-1697.

Reiner, R.; Munz, M.; Haag, G. y Weidlich, W. (1986): "Chaotic Evolution of Migratory Systems", *Sistemi Urbani*, 2/3, pp. 285-308.

Ródenas Calatayud, C. (1994): *Emigración y Economía en España (1960-1990):* Estudios y Monografías, Ed. Civitas, S. A.

Rogers, A. (1967): "A Regression Analysis of Interregional Migration in California", *Review of Economics and Statistics*, vol. 49, nº 2, pp. 262-267.

Rogerson, P. A. (1979): "Prediction: A Modified Markov Chain Approach", *Journal of Regional Science*, vol. 19, nº 4, pp. 469-478.

Rogerson, P. A. (1981): "Job Turnover and Interregional Migration", *ASA/Census WP-5,* Institute for Urban and Regional Research, University of Iowa.

Rogerson, P. A. (1984): "New Directions in the Modelling of Interregional Migration", *Economic Geography,* nº 60, pp. 111-121.

Rogerson, P. A. y Plane, D. A. (1984): "Modeling Temporal Change in Flow Matrices", *Papers of the Regional Science Association*, pp. 147-164.

Rowe, G. T. y Krishnan, P. (1983): "Internal Migration in India. Results from Three Stochastic Process Models", *Population Geography*, vol. 5, pp. 70-80.

Salkin, M. S.; Lianos, T. P. y Paris, Q. (1975): “Population Predictions for the Western United States: A Markov Chain Approach”, *Journal of Regional Science*, vol. 15, nº 1, pp. 52-60.

Salvatore, D. (1977): “An Econometric Analysis of Internal Migration in Italy”, *Journal of Regional Science*, vol. 17, nº 3 pp. 395-408.

Sampson, M. (1990): “A Markov Chain Model for Unskilled Workers and the Highly Mobile”, *Journal of the American Statistical Association*, vol. 85, nº 409, pp. 177-180.

Santiago Hernando, R. (1994): *Migraciones, salarios y desempleo. Un modelo para la Economía Española,* Secretariado de Publicaciones, Universidad de Valladolid.

Schultz, T. P. (1982): “Lifetime Migration within Educational Strata in Venezuela, Estimation of a Logistic Model”, *Economic Development and Cultural Change*, vol. 31, pp. 559-593.

Serrano, L. (1988): “Capital humano y movilidad espacial del trabajo en la Economía Española”, Documento WP-EC 98-06, Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas.

Shields, G. M. y Shields, M. P. (1989): “The Emergence of Migration Theory and a Suggested New Direction”, *Journal of Economic Surveys*, vol. 3, pp. 277-304.

Sjaastad, L. A. (1962): “The Cost and Return of Human Migration”, *Journal of Political Economy*, vol. 70, nº 5, Supplement, pp. 80-93.

Smith, T. E. (1991): “A Simple Decision Theory of Spatial Interaction: The Alonso Model Revisited”, *Environment and Planning A*, vol. 23, nº 9, pp. 1243-1268.

Snickars, F. y J. Weibull (1977): “A Minimun Information Principle: Theory and Practice”, *Regional Science and Urban Economics*, vol. 7, pp. 137-168.

Speare, A. JR. (1971): “A Cost-Benefit Model of Rural to Urban Migration in Taiwan”, *Population Studies*, vol. 25, nº 1, pp. 117-130.

Spilerman, J. (1972b): “The Analysis of Mobility Processes by the Introduction of Independent Variables into a Markov Chain”, *American Sociological Review*, vol. 37, pp. 277-294.

Spilerman, S. (1972a): “Extensions of the Mover-Stayer Model”, *American Journal of Sociology*, vol. 78, nº 3, pp. 599-626.

Stevens, J.B. (1980): “The Demand for Public Goods as a Factor in the Non-Metropolitan Migration Turnaround”, en *New Directions in Urban-rural Migration: The Population Turnaround in Rural America*, pp. 115-135; Ed. D. L. Brown y J. M. Wardwell, Nueva York, Academic Press.

Stewart, J. Q. (1948): "Demographic Gravitation: Evidence and Application", *Sociometry*, vol. 1, pp. 31-58.

Stouffer, S. A. (1940): "Intervening Opportunities: A Theory Relating Mobility and Distance", *American Sociological Review*, vol. 5, nº 6, pp. 845-867.

Stouffer, S. A. (1960): "Intervening Opportunities and Competing Migrants", *Journal of Regional Science*, vol. 2, pp. 1-26.

Sturis, J. y Mosekilde, E. (1988): "Bifurcation Sequence in a Simple Model of Migratory Dynamics", *System Dynamics Review*, vol. 4, pp. 148-178.

Ter Heide (1963): "Migration Models and their Significance for Population Forecast", *Milbank Memorial Fund Quarterly*, vol. 41, pp. 56-76.

Thomas, A. (1993): "The Influence of Wages and House Prices on British Interregional Migration Decisions", *Applied Economics*, vol. 25, pp. 1261-1268.

Todaro, M. P. (1969): "A Model of Labor Migration and Urban Unemployment in Less Developed Countries", *The American Economic Review*, pp. 138-148.

Weidlich, W. y Haag, G. (1988): *Interregional Migration: Dynamic Theory and Comparative Analysis*, Ed. Springer.

Wilson, A. G. (1980): "Comments on Alonso´s Theory of Movement", *Environment and Planning A,* vol. 12, pp. 727-732.

Young, E. C. (1928): *The Movement of Farm Population*, Cornell Agricultural Experiment Station, Bulletin 426.

Zipf, G. K. (1946): "The P_1P_2/D Hypothesis: On the Intercity Movement of Persons", *American Economic Review*, vol. 11, pp. 677-686.

ABSTRACT

In this paper we reviewed and classified the main studies on migratory movements and the variety of models used in their analysis. It has been a hard work the classification of published work in this area (Greenwood, 1993), but we have done a profound and exhaustive treatment of the main ideas, distinguishing four groups of models: markov models, gravitational models, economical models and master equation migration. The analysis of these models win be useful for developing future lines of research.

Key words: Markov models, gravitational models, economical models, master equation.