

Contaminación como uno de los determinantes de la migración

Evidencia para México

Héctor González García, José de Jesús Salazar Cantú
y Raymundo Cruz Rodríguez Guajardo*

Fecha de recepción: 16 de diciembre de 2009; fecha de aceptación: 5 de octubre de 2010.

Resumen: Diferentes variables han sido propuestas para explicar el fenómeno de la migración; recientemente se ha incluido el deterioro ambiental como una causal cada vez más presente. Según Jha y Whalley (2003), esto puede demostrarse teóricamente a partir del modelo tradicional de Harris-Todaro (1970) sobre migración rural y urbana, en el cual la variable desempleo, si se interpreta como daño, puede remplazarse por la contaminación. En el presente trabajo, a partir de un modelo en corte transversal, se da evidencia para México a la afirmación de Jha y Whalley, al encontrar una relación positiva entre migración y contaminación.

Palabras clave: migración, contaminación, México, Harris-Todaro.

Pollution as one of the Determinants of Migration: Evidence for Mexico

Abstract: Different variables have been proposed to explain the migration phenomenon; recently, environmental degradation has been increasingly prevalent in the literature as a determinant of migration. According to Jha and Whalley (2003), the environment-migration relationship can be theoretically demonstrated using the traditional Harris-Todaro (1970) model of rural and urban migration, in which the unemployment variable, if interpreted as damage, can be replaced by pollution. Using a cross-section model we present, in this study, evidence for Mexico to support Jha and Whalley, finding a positive relationship between migration and pollution.

Keywords: migration, pollution, Mexico, Harris-Todaro.

Clasificación JEL: J61, Q52, Q56, R23.

*Héctor González García, hegong85@hotmail.com, candidato a doctor en Ciencias Sociales por el Tecnológico de Monterrey, campus Monterrey, José de Jesús Salazar Cantú, jsalazar@itesm.mx, profesor de planta, Raymundo Cruz Rodríguez Guajardo, rrcrg@itesm.mx, profesor de planta, Departamento de Economía, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), campus Monterrey. Monterrey, N.L. México. Agradecemos a la Cátedra de Desarrollo Económico y Social del Tecnológico de Monterrey, por su apoyo a la presente investigación.

Introducción

La emigración de mexicanos hacia Estados Unidos es uno de los procesos de cambio internacional de residencia más intensos en el mundo. La búsqueda de medios para vivir mejor, o simplemente sobrevivir, ha conducido a grandes grupos poblacionales de México a aventurarse a viajar a Estados Unidos en busca de una mejor oportunidad de vida.

Esta emigración de mexicanos hacia Estados Unidos es un fenómeno que ha sido estudiado desde diversos enfoques, los cuales han tratado de descubrir tanto sus causas como sus efectos. Para ambos países el fenómeno representa efectos importantes, cuya repercusión trasciende el corto plazo; asimismo, plantea retos de diseño de estrategias, tanto en el plano puramente económico como en el político. El presente documento intenta aportar elementos para un entendimiento más completo del fenómeno y un mejor diseño de estas estrategias que lleven a paliar los efectos adversos que el proceso migratorio implica.

De acuerdo con datos de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) (Flores, 2006), en el año 2006, 45 por ciento de los suelos mexicanos presentaba algún tipo de daño ambiental causado por el hombre. Rivera y Foladori (2006) señalan que el costo por agotamiento y degradación ambiental en México representa más de 10 por ciento del producto interno bruto (PIB) para los años en que realizaron la estimación. Por su parte, el Consejo Nacional de Población (Conapo) (2005), estima que casi 350 mil mexicanos emigraron a Estados Unidos por año de 2001 a 2004. Tal cantidad de migrantes ha hecho que el tema pase a los primeros lugares de las agendas políticas, sociales y económicas, no sólo de México sino también de Estados Unidos, principal receptor de los emigrantes mexicanos. De acuerdo con Borjas (2007), el gran flujo de población de México a Estados Unidos ha llegado a alterar las dinámicas socioeconómicas de ambos países. Según este autor, para el año 2003 los mexicanos en Estados Unidos representaban 3.6 por ciento de la población total y 28.3 por ciento de la población no nacida en Estados Unidos pero que residía en ese país. En términos de la población mexicana la situación es de igual importancia, ya que Borjas estima que 10.2 millones de mexicanos habrían migrado a territorio estadounidense para el año 2003, lo que representaría alrededor de 10 por ciento de la población mexicana.

Los estudios que abordan el análisis de este fenómeno también se han incrementado recientemente (Izazola, 2003; García *et al.*, 2007; Kondoh, 2003 y 2007), así como los factores a partir de los cuales se busca explicar

este importante flujo de personas. Si bien el fenómeno cambia de acuerdo con las regiones en las que se presenta, hay varios factores en común que lo explican. Entre estos factores están los diferenciales de ingreso entre regiones expulsoras y receptoras, que en la tradición de la teoría económica ha sido la base para explicar la migración. También dentro de la teoría económica encontramos el teorema de Heckscher-Ohlin y Vanek (1968), y el de igualación de precios, que contribuyen a explicar cómo al aumentar el intercambio internacional de bienes entre dos países se esperaría una reducción en la presión migratoria de factores de producción, entre ellos el de la mano de obra, entre los países que realizan este intercambio. Dentro de los determinantes del flujo de personas el tema ambiental apenas comienza a tratarse.

Se utilizarán estimaciones de contaminación como variable *proxy* representativa de daño ambiental, por lo que para fines del presente trabajo “contaminación” se considera el indicador de daño ambiental. Para Jha y Whalley (2003) y Kondoh (2007) el aumento en la contaminación equivaldrá a una pérdida en la calidad de vida que terminará por expulsar cierta parte de la población. Kondoh (2007) afirma que será mano de obra calificada la que primero emigrará por un aumento en la contaminación, lo que equivaldría a una fuga de cerebros hacia regiones menos contaminadas. Otros autores han buscado probar esta relación de manera teórica; tal es el caso de Jha y Whalley (2003), que sustituyen el desempleo en el modelo de Harris-Todaro (1970) por la variable de contaminación, y argumentan que sería un daño en la calidad de vida, al igual que el desempleo.

Este trabajo se enfocará en el caso de México; se busca probar, con datos por entidad federativa, la teoría de Jha y Whalley (2003). Esta evidencia será la primera para todo México, ya que la relación entre degradación ambiental y migración se ha buscado explicar, pero sólo en casos particulares, como el de Zacatecas o la ciudad de México.

El procedimiento utilizado en la presente investigación fue una estimación por mínimos cuadrados ordinarios, con base en datos de los 31 estados y el Distrito Federal, con información para el año 2000, en donde se toma el logaritmo de la tasa de migración por entidad federativa como variable dependiente.

Por carecer de una forma funcional única y aceptada en la literatura sobre el tema, decidimos probar varias formas funcionales; encontramos buen ajuste estadístico en varios de los modelos estimados, pero al mismo tiempo problemas de especificación en algunos de ellos. En el modelo que presentó el mejor ajuste estadístico, los coeficientes resultan significativos

y con los signos esperados de acuerdo con la teoría. En el caso de la contaminación, la apertura comercial, y el cociente de diferenciales de ingreso per cápita se encontró una relación positiva con la migración y se obtuvo la relación cuadrática esperada en el acervo de migrantes.

El presente artículo se organiza en seis secciones principales. En la primera se presenta un panorama general del fenómeno migratorio en México; en el segundo apartado se ubica una revisión de la literatura sobre la relación de la contaminación con la migración; la tercera sección contiene los planteamientos teóricos que dan sustento al análisis, mientras que en la cuarta y quinta secciones se describen respectivamente la metodología y los resultados obtenidos. Por último, se presentan las conclusiones que se desprenden del análisis y las implicaciones para futuros estudios.

I. Panorama migratorio y ambiental de México

Si bien actualmente el fenómeno migratorio internacional en México no se presenta con la misma intensidad que al principio de esta década y la década anterior, este sigue siendo significativo. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) con información al segundo trimestre de 2009, más de 144 mil mexicanos han cambiado su residencia habitual al extranjero en dicho año, cifra 52 por ciento menor respecto de 2008, y 80 por ciento menor respecto de 2006. También es notorio que la intensidad de la migración es mayor en zonas rurales (localidades con menos de 2 500 habitantes), la cual es del orden de casi 11 emigrantes por cada mil residentes. Sin embargo, en términos absolutos las localidades urbanas siguen aportando la mayor cantidad de migrantes al extranjero, y su intensidad es de más de cuatro migrantes por cada mil habitantes. Como consecuencia de esta migración, Aydemir y Borjas (2006) resaltan la pérdida de fuerza de trabajo que México ha tenido en pocos años debido a los altos niveles de migración en la década de 1990; además, encuentran que la migración ha incrementado los salarios relativos en este grupo poblacional y los ha disminuido en los grupos a los extremos de la distribución, tanto los de baja calificación como los más calificados.

Además del panorama de la migración México-Estados Unidos en cantidad de personas y en números relativos a las poblaciones de cada país, es importante resaltar el tipo de población que emigra de acuerdo con sus habilidades. Según Aydemir y Borjas (2006) la migración mexicana se concentra en la población con habilidades medias; es decir, con preparatoria terminada y trunca, así como universitarios sin terminar, lo

cual representa más de la mitad de la población mexicana que emigraba a Estados Unidos para el año 2000.

En la misma forma que la intensidad de la migración es diferente a lo largo de los años y es heterogénea en la población que migra, también las dimensiones del fenómeno varían de acuerdo con las entidades federativas mexicanas. Mientras que hay estados con toda una tradición migrante, como Zacatecas o Michoacán, existen otras entidades, como Quintana Roo o Tabasco, con muy poca migración.

Para medir la intensidad de la migración el Conapo creó el índice de intensidad del flujo migratorio, el cual contempla cuatro variables principales: el porcentaje de hogares que reciben remesas, el porcentaje de hogares con emigrantes en Estados Unidos el quinquenio anterior, el porcentaje de hogares con migrantes circulares el quinquenio anterior y el porcentaje de hogares con migrantes de retorno el quinquenio anterior. A partir de este índice se clasifica a los estados en cinco grupos de intensidad, la cual puede ser muy alta, alta, media, baja o muy baja. Como se puede observar en el cuadro 1, de acuerdo con el Conapo ocho estados tienen una intensidad migratoria media, mientras que 12 se encuentran en la clasificación de baja y muy baja migración, y el mismo número en alta y muy alta migración.

Cuadro 1. Intensidad del flujo migratorio en México para el año 2000

<i>Muy alto</i>	<i>Alto</i>	<i>Medio</i>	<i>Bajo</i>	<i>Muy bajo</i>
Zacatecas	Aguascalientes	Chihuahua	Sonora	Distrito Federal
Michoacán	Jalisco	Baja California	Nuevo León	Yucatán
Guanajuato	Colima	Querétaro	Veracruz	Quintana Roo
Nayarit	San Luis Potosí	Oaxaca	Tlaxcala	Campeche
Durango	Morelos	Sinaloa	Estado de México	Chiapas
	Guerrero	Puebla	Baja California Sur	Tabasco
	Hidalgo	Tamaulipas		
		Coahuila		

Fuente: Conapo, Colección Índices Sociodemográficos, Índices de Intensidad Migratoria, 2002.

De acuerdo con el INEGI, en 2008 66.7 por ciento de los migrantes mexicanos se declaraba participante en la generación de algún bien económico o en la prestación de algún servicio en México; es decir, más de dos terceras partes de los migrantes se declaraban ocupados antes de emigrar. Esto es importante mencionarlo, ya que evidencia que no sólo es el desempleo el causante de la migración, sino que debe haber otros determinantes también importantes.

En lo tocante al deterioro ambiental, es importante mencionar que este tiene una relación directa con las variables económicas, pues representa pérdidas y costos para la economía y obstaculiza un crecimiento económico sostenible. Estos costos para México fueron calculados por Rivera y Folladori (2006), quienes encontraron que el costo total anual por agotamiento y degradación ambiental significa un promedio de arriba de 10 por ciento del producto interno bruto mexicano. Estos autores, al tomar los datos del Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas del INEGI y considerar información para los años 1997 y 2002, observaron que la tasa media de crecimiento anual de los recursos forestales, petroleros y acuíferos fue negativa, y, por su parte, la tasa media de crecimiento anual para los rubros de contaminación del aire, suelo, agua y erosión de suelos resultó positiva. Estas cifras dejan ver que el problema de degradación ambiental es creciente y costoso, y que bien puede estarse manifestando ya como un determinante de otro tipo de fenómenos, como es el de la migración.

II. Marco teórico

El modelo de Harris-Todaro (1970) se usa para explicar la migración rural-urbana. El principal resultado de dicho planteamiento teórico es que la decisión de migración está basada en los diferenciales del ingreso esperado entre las áreas rurales y las urbanas; no en los diferenciales en el salario actual. De acuerdo con este modelo, la asignación de la dotación disponible de mano de obra se da conforme a la siguiente ecuación:

$$L = L_M + L_A + U$$

donde L_M representa la mano de obra de manufactura, L_A la mano de obra agrícola y U el desempleo. Posteriormente la producción agrícola se define como:

$$Q_A = f_A(L_A, K_A, T_A)$$

donde tierra (T_A) y capital (K_A) son fijos. f'_A será la derivada de f_A respecto a L_A , definiendo así la productividad marginal de la mano de obra agrícola. Dicha productividad multiplicada por P (precio del bien agrícola en términos del bien manufacturado) será el salario real de la agricultura:

$$W_A = P \cdot f'_A$$

Esta derivada representa el valor del producto marginal del trabajo agrícola, equivalente al salario medio en la agricultura. De acuerdo con Harris-Todaro (1970), la condición de equilibrio en el mercado de trabajo resulta de igualar el salario medio de la agricultura con el salario esperado en la manufactura:

$$\bar{W}_M \left(\frac{L_M}{L_M + U} \right) = P \cdot f'_A$$

Ésta es la condición de equilibrio de migración del modelo de Harris-Todaro; es decir, se contempla que mientras el salario esperado en la manufactura sea mayor que el salario medio en la agricultura, el proceso migratorio del área rural a la urbana continuará, y cesará al igualarse ambos salarios. De acuerdo con Jha y Whalley (2003), en la proposición de Harris-Todaro de migración rural-urbana, si el desempleo se percibe como daño, entonces el daño ambiental en un área determinada tendrá en la migración efectos similares a los del desempleo, al ser este considerado también un daño. Por lo tanto, la condición de equilibrio del modelo de Harris-Todaro queda en la siguiente forma:

$$\bar{W}_M \left(\frac{L_M}{L_M + D} \right) = P \cdot f'_A$$

donde D representa “daño ambiental”. En síntesis, Jha y Whalley (2003) llegan a la conclusión de que la variable de desempleo puede ser sustituida por la variable de daño ambiental.

Por otro lado Heckscher-Ohlin-Vanek (HOV), en Borkakoti (1998), plantean que en un país dado, bajo el supuesto de libre comercio con otro país, el factor más abundante tiende a ser el más barato, y con ello se especializará en producir bienes intensivos en ese factor. Por lo tanto, una mayor apertura comercial provocaría un incremento en la producción de bienes intensivos en trabajo en el país L abundante, y no una salida de L al país

K abundante. Una conclusión similar surge del *teorema de igualación de precios de factores* (Markusen, Melvin, Kaempfer y Maskus, 1995), según el cual ante ciertas condiciones la igualación esperada de precios relativos entre países que comercian libremente entre sí implica también una expectativa de igualación de precio de factores de producción; de ahí que ante una mayor y más libre relación comercial se espere una menor migración de factores entre países.

III. Revisión de literatura

Para Izazola (2003), al igual que para la escuela neoclásica de la economía, la razón central por la cual las personas emigran es la búsqueda de un mayor ingreso económico; sin embargo, la autora considera la existencia de otros factores no controlados por el mercado, como aquellos con una dimensión ambiental, los cuales también afectan las condiciones de vida de las personas.

A pesar de las contribuciones teóricas y metodológicas realizadas durante las últimas décadas, poco se ha cuestionado el motivo principal de la migración; pareciese que existe un consenso tácito de que la población cambia su lugar de residencia para mejorar sus condiciones de vida, y frecuentemente se vincula esta motivación con una mejoría en términos económicos, a saber, mejores ingresos. En Calderón (2006) se establece cómo el flujo migratorio entre México y Estados Unidos está determinado por la brecha creciente de los salarios reales y los diferentes niveles de desarrollo económico medidos por el ingreso per cápita, mientras que para Orrenius (2005) un incremento en los salarios reales del sector agrícola se traduce en un aumento en las tasas migratorias de este mismo sector, y el mismo incremento en el sector manufacturero en una disminución de las tasas migratorias. Mendoza (2006) encuentra que los estados mexicanos con menores ingresos experimentan mayores incentivos para la migración, además de un efecto positivo del desempleo sobre las tasas migratorias. Por su parte, Pozos (2007) obtuvo un coeficiente positivo entre el ingreso y las tasas migratorias, mientras que Borjas (2007) atribuye el fenómeno migratorio a un importante decrecimiento en el nivel de vida de México relativo a Estados Unidos; esta caída en el nivel de vida relativo, de acuerdo con Borjas, se da entre 1980 y el año 2000.

Un claro ejemplo de flujo migratorio debido a la contaminación es el estudio de tipo cualitativo realizado por Izazola (2003) con grupos focales de mujeres de clase media que abandonaron la ciudad de México por cues-

tiones ambientales y decidieron moverse hacia otras ciudades dentro del mismo territorio mexicano o hacia otras regiones del mundo, principalmente Estados Unidos. El factor principal detrás de esta migración son los problemas de salud que influyen directamente en la calidad de vida de las personas, quienes buscan localizarse en otros lugares, dándole gran importancia al factor ambiental incluso por encima de los factores socioeconómicos. Si bien una parte de los estudios existentes muestra que el ingreso y el empleo son determinantes en la decisión de migrar, también es cierto que a iguales condiciones de ingreso y empleo las personas preferirían vivir en lugares limpios y tranquilos, donde su salud se vea menos comprometida.

En García *et al.* (2007) se analizan las características de Zacatecas respecto al resto de los estados de la república, y se encuentra que la mayoría de sus suelos son semidesérticos y aquellos que han servido o todavía se utilizan para agricultura y ganadería se encuentran en proceso de desertificación, y miles de hectáreas más presentan una erosión severa. Esta desertificación y erosión se deben, entre otros factores, a la sobre-explotación de los suelos, pero también a efectos directos de la contaminación por residuos sólidos o son consecuencia de fenómenos como la lluvia ácida provocada por la contaminación atmosférica. Como efecto de esto los suelos son cada vez menos útiles y la productividad agrícola disminuye, lo cual produce un aumento en las tasas de migración; la pregunta es ¿existe una relación positiva entre la degradación de los suelos y las tasas de migración? La respuesta es sí, pero no de una manera directa. El constante aumento en la degradación de los suelos ha ido deteriorando las condiciones de vida de las personas, debido a que la productividad agrícola es cada vez menor por dicha degradación. A pesar de que los costos se mantienen, el precio de sus productos disminuye y acorta las ganancias. Lo mismo sucede con la producción y los salarios; van cayendo y la situación resulta desfavorable para los habitantes, por lo que deciden emigrar hacia otras ciudades en busca de mejores salarios y mejor calidad de vida.

Según el informe de la Semarnat elaborado por Flores (2006), los factores que afectan la migración mexicana se pueden dividir en socioeconómicos y ambientales; entre los primeros destacan el índice de desarrollo humano, marginación y porcentaje de población de habla indígena, mientras que en el mismo estudio se mencionan como factores ambientales la pérdida de vegetación natural, la degradación de suelos, la erosión hídrica y la emisión de tóxicos industriales.

Izazola (2003) realizó un estudio sobre el impacto de variables de origen ambiental en la intensidad migratoria, la cual se mide con un índice del mismo nombre descrito en Conapo (2000) que pondera las proporciones de los hogares que reciben remesas, hogares con emigrantes en Estados Unidos, hogares con emigrantes circulares y hogares con migrantes de retorno; todas estas respecto al total de hogares de la entidad federativa. En todos los casos la relación con la intensidad migratoria es positiva, por lo cual se podría afirmar que un aumento en la pérdida de vegetación natural y primaria, una mayor erosión hídrica y una mayor degradación de los suelos tienen una relación con el aumento en la intensidad migratoria mexicana.

Este resultado se puede generalizar si tomamos en cuenta que la agricultura es intensiva en el uso del suelo, y, como en cualquier empresa cuando un recurso se agota y no es posible sustituirlo, la productividad cae, lo cual incide directamente en las variables como empleo, salarios, precios relativos del producto y nivel de producción, que a su vez restan competitividad. Todo esto se traduce en condiciones desfavorables para el desarrollo de cualquier actividad.

Con los resultados que se obtuvieron de Izazola (2003) se puede decir que la degradación de la naturaleza, causada por la contaminación y por el uso poco sostenible de la misma, podría provocar una disminución en los precios de los productos, y por lo tanto una menor producción. Como consecuencia, los habitantes de una región tienen un empeoramiento en su calidad de vida y buscan moverse hacia lugares en donde existan condiciones favorables para su desenvolvimiento; en pocas palabras, la degradación ambiental influye positivamente en las tasas de migración a partir de la disminución en los precios de bienes intensivos en el uso del factor tierra, y por consecuencia en la producción.

Los estudios que dan evidencia estadística son bastante recientes. Afifi y Warner (2008) dan evidencia de que el deterioro ambiental conlleva el aumento en la migración entre países; ello al controlar por otras variables no ambientales. En su estudio utilizaron como indicadores de deterioro ambiental variables como desertificación, contaminación del aire, erosión del suelo y desastres naturales, entre otros factores ambientales, como explicativas de la emigración, mientras que controlaban por factores económicos como desempleo, producto interno bruto y producto interno bruto per cápita, y factores sociales como grupo étnico y lenguaje.

Reuveny y Moore (2009) dan evidencia para un grupo de países de que el deterioro del medio ambiente desempeña un papel estadísticamente

significativo en la migración hacia países desarrollados. La importancia de este estudio radica en que es uno de los primeros que da evidencia estadística del fenómeno a nivel internacional; los autores aproximan la variable de daño ambiental mediante la ocurrencia de guerras, guerras civiles, genocidio y desastres naturales, y deja de lado variables más aproximadas por falta de datos.

Sin duda los autores consultados coinciden en que son variados los factores que afectan las decisiones de migración. Entre estos se encuentra la contaminación, cuya inclusión es cada vez más común debido a que afecta la calidad de vida de las personas, quienes deciden buscar otro lugar en donde vivir.

IV. Metodología y datos

El modelo está fundamentado en el marco teórico de Harris-Todaro (1970) y contempla la propuesta de Jha y Whalley (2003).

El modelo teórico de Harris y Todaro (1970), en el cual se establece el equilibrio en los diferentes mercados de trabajo (punto en el cual no habría migración), aparece a continuación:

$$\overline{W}_M \left(\frac{L_M}{L_M + U} \right) = p(\partial f_A / \partial L_A)$$

\overline{W}_M es el salario esperado en la ubicación M , L_M es la dotación de mano de obra en esa ubicación, U es el número de desempleados y $p(\partial f_A / \partial L_A)$ es el salario que se obtiene en la ubicación A .

A partir de este mismo modelo Jha y Whalley (2003) proponen ajustes para medir el efecto que la contaminación tiene en la migración, donde el efecto de la contaminación opera de manera similar que el de desempleo. La nueva condición de equilibrio queda como sigue:

$$\overline{W}_M \left(\frac{L_M}{L_M + C} \right) = p\left(\frac{\partial f_A}{\partial L_A}\right)$$

El criterio principal para seleccionar el modelo adecuado a estimar debe estar basado en teoría económica, la cual sirve como guía sobre las variables a incluir en el modelo, pero no siempre establece exactamente cuáles son las variables ni la forma que toman. Por ejemplo, puede indicar que determinada variable es importante, pero no sugiere si debe considerarse

en niveles o bien en el logaritmo del nivel. Para el caso de la presente investigación, la teoría nos sugiere cuáles son las variables a incluir en el modelo, pero no es clara en cuanto a la forma. El modelo de Harris-Todaro, con la modificación presentada por Jha y Whalley (2003), sugiere incluir la contaminación y el diferencial de ingreso entre los estados mexicanos y los principales estados receptores de migrantes en Estados Unidos, mientras que el teorema de Heckscher-Ohlin-Vanek menciona la relación que puede existir entre la apertura comercial y la migración, por lo que la apertura también se incluye como posible variable explicativa del fenómeno migratorio. Como sucede en la presente investigación, en los casos donde la teoría no sea clara en cuanto a qué modelo estimar, se pueden utilizar criterios de decisión fundamentados en teoría estadística (Carter, Griffiths y Lim, 2008). En este sentido, en principio se pueden considerar los siguientes modelos:

$$M_i = \alpha + \beta_1(PIBPCE / PIBPC_i) + \beta_2 C_i + \beta_3 AM_i + \beta_4 AM_i^2 + \beta_5 EI_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \ln(M_i) = & \alpha + \beta_1 \ln(PIBPCE / PIBPC_i) + \beta_2 \ln(C_i) + \beta_3 \ln(AM_i) + \\ & + \beta_4 \ln(AM_i)^2 + \beta_5 \ln(EI_i) + \varepsilon_i \end{aligned} \quad (2)$$

$$\ln(M_i) = \alpha + \beta_1(PIBPCE / PIBPC_i) + \beta_2 C_i + \beta_3 AM_i + \beta_4 AM_i^2 + \beta_5 EI_i + \varepsilon_i \quad (3)$$

$$\begin{aligned} M_i = & \alpha + \beta_1 \ln(PIBPCE / PIBPC_i) + \beta_2 \ln(C_i) + \beta_3 \ln(AM_i) + \\ & + \beta_4 \ln(AM_i)^2 + \beta_5 \ln(EI_i) + \varepsilon_i \end{aligned} \quad (4)$$

$$M_i = \alpha + \beta_1(PIBPCE / PIBPC_i) + \beta_2 C_i + \beta_3 AM_i + \beta_5 EI_i + \varepsilon_i \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \ln(M_i) = & \alpha + \beta_1 \ln(PIBPCE / PIBPC_i) + \beta_2 \ln(C_i) + \beta_3 \ln(AM_i) + \\ & + \beta_5 \ln(EI_i) + \varepsilon_i \end{aligned} \quad (6)$$

$$M_i = \alpha + \beta_1 \ln(PIBPCE / PIBPC_i) + \beta_2 \ln(C_i) + \beta_3 \ln(AM_i) + \beta_5 \ln(EI_i) + \varepsilon_i \quad (7)$$

$$\ln(M_i) = \alpha + \beta_1(PIBPCE / PIBPC_i) + \beta_2 C_i + \beta_3 AM_i + \beta_5 EI_i + \varepsilon_i \quad (8)$$

donde:

$i = 1, 2 \dots 32$, son las entidades federativas mexicanas.

M = Migración neta como porcentaje de la población de la entidad.

$PIBPCE$ = Producto interno bruto per cápita promedio de los tres principales estados receptores de migrantes en Estados Unidos (California, Texas e Illinois).

$PIBPC$ = Producto interno bruto per cápita.

C = Contaminación.

AM = Acervo de migrantes en Estados Unidos.

EI = Exportaciones e importaciones de la entidad.

ε = Error.

Las variables incluidas en los modelos, así como sus respectivas fuentes, se explican con más detalle en el cuadro 2.

Se considerarán datos en corte transversal; como variable dependiente tomaremos la migración neta como porcentaje de la población para el año 2000, dado que sólo se ha construido para dicho año 2000, el cual se considera un año estable en la economía mexicana, con una inflación cercana a 9.49 por ciento y un crecimiento económico de 6.67 por ciento.¹ Se utiliza el cociente del PIB per cápita estadounidense entre el PIB per cápita de las entidades mexicanas, dado que la teoría plantea diferenciales de ingreso, y el PIB per cápita es el dato disponible más cercano al ingreso. Cabe mencionar que el PIB per cápita de Estados Unidos corresponde a un promedio del PIB per cápita de los tres principales estados receptores de migrantes en la Unión Americana: California, Texas e Illinois, los cuales, de acuerdo con el Conapo, reciben a más de 60 por ciento de los migrantes mexicanos.

Debido a la inexistencia de datos de contaminación por estados, se tomará como la variable de daño ambiental los índices de contaminación a nivel de entidad federativa realizados por Jáuregui *et al.* (2008), los cuales consisten en índices basados en la metodología del Industrial Pollution Projection System (IPPS), desarrollado por el Banco Mundial.

De acuerdo con Jáuregui *et al.* (2008), el *linear acute human toxic intensity* se creó a partir de un índice TRI (inventario de desechos tóxicos, por sus siglas en inglés) para 74 industrias de Estados Unidos en 1987, en li-

¹ Calculado con datos del International Monetary Fund (2002).

Cuadro 2. Descripción de las variables incluidas en el modelo

<i>Variable</i>	<i>Descripción</i>	<i>Fuente</i>
M	Migración neta como porcentaje de la población de la entidad federativa.	Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).
PIBPCE/ PIBPC	Cociente del PIB de los tres estados norteamericanos que más reciben migrantes mexicanos (California, Texas e Illinois) entre el PIB de cada entidad federativa mexicana.	Elaboración propia con datos de producción del Bureau of Economic Analysis, Regional Economic Accounts, para los estados norteamericanos; y del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para los estados mexicanos.
C	Contaminación anual por estado medida en toneladas.	Jáuregui <i>et al.</i> (2008), construidos con base en el Industrial Pollution Projection System (IPPS) del Banco Mundial.
AM	Acervo de personas migrantes de cada entidad federativa mexicana en la Unión Americana.	Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).
AM ²	Acervo de personas migrantes de cada entidad federativa mexicana en la Unión Americana al cuadrado.	Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).
EI	Suma de las exportaciones e importaciones de los estados mexicanos. Miles de millones de dólares.	Elaboración propia con datos de la Secretaría de Economía.

Fuente: Elaboración propia.

bras por cada millón de dólares de producción. Se utilizó información del Toxic Chemical Release Inventory, elaborado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos, referente a las emisiones anuales de 328 sustancias químicas tóxicas producidas por aproximadamente 20 000 empresas industriales norteamericanas durante 1987. Las cantidades anuales de sustancias contaminantes fueron agregadas en forma ponderada (0-4) de acuerdo con su grado de toxicidad, tomando como base para

ellos los índices de toxicidad y cancerígenos reportados en la Human Health and Ecotoxicity Database, elaborada por la EPA.

Los datos utilizados en la estimación se presentan en su totalidad en el cuadro 3.

Cuadro 3. Información sobre las variables incluidas en el modelo, por entidad federativa

Entidad federativa	M (%)	(PIBE / PIBi)	C (Tons.)	AM (personas)	AM ²	EI (MMDls)
Aguascalientes	1.63	5.31	46.12	134 738	18 154 328 644	4.93
Baja California	1.35	4.77	106.68	498 132	248 135 489 424	33.56
Baja California Sur	0.14	5.46	1.68	17 213	296 287 369	0.36
Campeche	0.14	4.03	1.23	9 341	87 254 281	0.33
Coahuila de Zaragoza	1.37	5.12	160.06	180 291	32 504 844 681	23.46
Colima	0.78	6.91	3.87	92 732	8 599 223 824	0.12
Chiapas	0.60	16.76	7.45	32 622	1 064 194 884	0.25
Chihuahua	3.10	4.64	130.31	478 760	229 211 137 600	39.46
Distrito Federal	3.73	2.66	903.61	413 395	170 895 426 025	21.25
Durango	2.68	8.39	24.15	327 306	107 129 217 636	1.25
Estado de México	8.11	9.04	654.38	586 196	343 625 750 416	20.83
Guanajuato	10.45	9.47	193.21	921 477	849 119 861 529	5.39
Guerrero	4.65	12.48	5.98	347 528	120 775 710 784	0.27
Hidalgo	3.98	11.94	70.52	194 075	37 665 105 625	0.73
Jalisco	10.86	6.83	208.31	1 349 238	182 044 3 180 644	24.43
Michoacán de Ocampo	10.67	12.47	45.67	1 059 366	1 122 256 321 956	1.93
Morelos	2.84	8.12	60.24	204 851	41 963 932 201	1.83
Nayarit	1.63	12.11	2.74	177 917	31 654 458 889	0.07

Cuadro 3. Información sobre las variables incluidas en el modelo, por entidad federativa (continuación)

Entidad federativa	M (%)	(PIBE / PIBI)	C (Tons.)	AM (personas)	AM ²	EI (MMDls)
Nuevo León	2.13	3.77	305.38	294178	86540695684	19.68
Oaxaca	3.58	16.16	42.79	231968	53809153024	0.3
Puebla	4.45	9.40	143.19	305442	93294815364	11.86
Querétaro de Arteaga	1.53	5.65	121.72	106145	11266761025	4.38
Quintana Roo	0.14	4.35	2.27	16413	269386569	0.25
San Luis Potosí	4.01	9.31	55.59	386100	149073210000	3.63
Sinaloa	2.23	9.12	10.81	186534	34794933156	1.29
Sonora	0.86	5.77	56.80	170604	29105724816	13.06
Tabasco	0.22	10.90	10.80	12183	148425489	0.31
Tamaulipas	2.04	6.19	153.16	241961	58545125521	20.55
Tlaxcala	0.52	12.60	32.01	25856	668532736	0.76
Veracruz	4.96	12.10	154.14	266256	70892257536	1.98
Yucatán	0.38	8.31	18.10	47081	2216620561	2.07
Zacatecas	4.22	13.10	3.14	550856	303442332736	0.47

Fuente: Elaboración propia a partir de una fuente específica para cada variable; estas fuentes se presentan en el cuadro 2.

V. Resultados

En el cuadro 4 se presentan estadísticas descriptivas básicas, y en el cuadro 5 se reportan los diferentes modelos, estimados por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) con datos de corte transversal, para las 32 entidades federativas; se tomó como año base el 2000. La forma de seleccionar el modelo adecuado se basó, en primer lugar, en obtener los signos esperados y significancia estadística. En segundo lugar se consideró una prueba estadística de Ramsey para detectar alguna variable relevante omitida u

Cuadro 4. Estadísticas descriptivas

	<i>M</i>	(PIBPCE / PIBPC)	<i>C</i>	AM	AM ²	EI
Mínimo	0.14	2.66	1.23	9341.00	87254281.00	0.07
Máximo	10.86	16.76	903.61	1349238.00	1820443180644.00	39.46
Media	3.13	8.54	116.75	308336.09	189926553144.66	8.16

Fuente: Elaboración propia.

otro tipo de error de especificación del modelo. Con base en estos criterios seleccionamos el modelo 1 (prácticamente idéntico al modelo 5).

Como se puede observar en el cuadro 5, en el modelo 1 se obtienen los signos esperados con significatividad estadística en todos los coeficientes, excepto en el término cuadrático. Asimismo, la prueba de error de especificación de regresión (RESET, por sus siglas en inglés) no resulta significativa, es decir, no indica problema alguno de especificación. Dada la heterogeneidad de las entidades federativas de México, se sospecha la ausencia de homoscedasticidad en la distribución de los errores, por lo que se utilizó la prueba de White. En dicha prueba no se pudo rechazar la hipótesis nula de homoscedasticidad, por lo que se descarta el problema de heteroscedasticidad en el modelo.

De acuerdo con el coeficiente de determinación, el modelo como un todo explica 91 por ciento de la variación total en la variable dependiente, representada por la migración neta como porcentaje de la población de la entidad federativa. Este resultado se ve reflejado en el estadístico $F = 65.11$ con un p -valor asociado de 0.0000. En el cuadro 5 se puede observar que el coeficiente de contaminación es estadísticamente significativo y positivo, lo cual es consistente con la hipótesis planteada en el sentido de que la contaminación aumentará la migración.

El acervo de migrantes presenta la relación cuadrática esperada, en donde primero los migrantes de la entidad i que ya se encuentran en la Unión Americana van a provocar que aumente la migración. Esto según la expectativa de que las personas de origen mexicano que ya viven en Estados Unidos buscarán llevarse a sus familiares para allá; sin embargo, en cierto punto esta relación se revierte. Para este comportamiento podría haber varias explicaciones, como las remesas, la competencia y la satura-

Cuadro 5. Modelos estimados con MCO

<i>Variable dependiente</i>	<i>Modelo 1</i>	<i>Modelo 3</i>	<i>Modelo 5</i>	<i>Modelo 6</i>	<i>Modelo 7</i>	<i>Modelo 8</i>
	<i>M</i>	<i>ln M</i>	<i>M</i>	<i>ln M</i>	<i>M</i>	<i>ln M</i>
Constante	-0.6089 (0.5715)	-1.7068*** (0.3652)	-0.5601 (0.5698)	-10.8260*** (0.5200)	-20.1728*** (3.8247)	-1.5732*** (0.4699)
(PIBPC/PIBPC)	0.0980* (0.0582)	0.0797** (0.0372)	0.1151*** (0.5574)			0.1266** (0.0460)
C	0.0032*** (0.0011)	0.0009 (0.0007)	0.0035*** (0.0010)			0.0017** (0.0001)
AM	1.09E-05*** (1.86E-06)	7.38E-06*** (1.19E-06)	9.10E-06*** (6.06E-07)			2.47E-06*** (5.00E-07)
AM ²	-1.42E-12	-3.89E-12*** (1.40E-12)				
EI	-0.0693*** (0.0219)	-0.0062 (0.0140)	-0.0629*** (0.0210)			0.01152 (0.0173)
ln (PIBPC/PIBPC)				0.3801** (0.1501)	1.0647 (1.1038)	
ln C				0.2651*** (0.2337)		

ln AM		(0.0588)	(0.4327)		
		0.8158***	1.6727***		
		(0.0520)	(0.3823)		
ln EI		-0.1959***	-0.2675		
		(0.0652)	(0.4795)		
Observaciones	32	32	32	32	32
R ²	0.9118	0.7867	0.9117	0.9542	0.5816
Durbin-Watson	1.9395	1.8421	2.1709	2.2325	1.7381
Estadístico F	65.1080	23.8628	81.0270	162.3461	11.7709
p-valor	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Test RESET de Ramsey	2.7349	32.5305	0.7790	8.0799	73.0190
p-valor	0.2548	0.0000	0.6774	0.0176	0.0000
Prueba White Heteros	14.0752	4.8245	18.4865	7.9682	24.6336
p-valor	0.1197	0.8493	0.1855	0.4366	0.0018
					0.2042

Fuente: Elaboración propia. Notas: error estándar en paréntesis. Debido al problema de multicolinealidad perfecta, los modelos 2 y 4 no se pueden estimar. ***Estadísticamente significativo al 1%; **estadísticamente significativo al 5%; *estadísticamente significativo al 10%.

ción en ciertos sectores del mercado laboral estadounidense, o inclusive el que ya no exista más población con las características de los migrantes. Esta relación entre la tasa migratoria y el acervo de migrantes es parte del concepto de *collective migrants*, desarrollado por Delgado y Rodríguez (2001) y citado en Mendoza (2006). Este último autor también presenta evidencia de esta relación.

Por otro lado, de acuerdo con la teoría de Heckscher-Ohlin-Vanek, el coeficiente negativo de la variable de apertura comercial también era de esperarse. Con esto se puede afirmar que la actividad comercial internacional ha contribuido a disminuir la migración, pero no ha sido suficiente para revertir el fenómeno migratorio, dado el aumento en otras variables que contribuyen a que la migración se eleve.

El logaritmo del cociente del PIB per cápita estadounidense respecto al PIB per cápita de los estados mexicanos presenta una relación positiva con la migración, por lo que se puede hablar de una relación positiva entre el diferencial de ingreso y la tasa de migración, tal como lo plantea el modelo de Harris-Todaro (1970).

De acuerdo con los parámetros estimados, la elasticidad (evaluada en las medias muestrales) de la migración respecto a la contaminación sería de 0.119, es decir, por cada 10 por ciento que aumente la contaminación, tendremos un aumento en la migración equivalente a 1.19 por ciento de su población, si todo lo demás se mantiene constante. En cuanto a la elasticidad de la migración respecto al cociente PIBPCE/PIBPC, sería de 0.267, es decir, que por cada 10 por ciento que aumente este cociente la emigración en ese estado aumentará en 2.67 por ciento de su población.

VI. Conclusiones

De la consulta de distintos autores se observa que la contaminación provoca un daño ambiental que afecta variables como salud, productividad, salarios y producción, lo cual da como resultado una disminución en la calidad de vida de las personas que las impulsa a buscar mejores lugares en donde vivir.

Para buscar evidencia en el caso mexicano sobre la incidencia de la degradación ambiental sobre la migración, en el presente estudio se analizó el impacto de la contaminación como determinante en las tasas migratorias de las entidades federativas mexicanas hacia Estados Unidos. El procedimiento utilizado fue una estimación por mínimos cuadrados ordinarios con base en datos de las 32 entidades federativas, con información para el año 2000.

de Afifi y Warner (2008) para otros países o grandes regiones, y sobre todo para estudios hacia adentro de los países o en regiones más específicas.

En temas de migración también es importante distinguir la migración rural de la urbana, más aún cuando se tratan asuntos ambientales como determinantes de la misma, ya que es diferente la degradación ambiental en las áreas urbanas que en las rurales; sin embargo, la disponibilidad de datos sigue siendo una limitante. A pesar de esto el presente trabajo y otros que no puedan tomar en cuenta esta distinción, son válidos y pueden llegar a explicar este fenómeno, dado que la contaminación urbana tiene impactos en los medios rurales circundantes, y para el caso de nuestro país el de la migración se presenta tanto en contextos urbanos como rurales, siendo el primero donde se da la mayor parte en términos absolutos, y el contexto rural el que presenta la mayor intensidad del fenómeno, de acuerdo con el INEGI (2009).

En general, los estudios cualitativos sobre el fenómeno migratorio son más abundantes en la literatura que los cuantitativos. Una causa podría ser la disponibilidad de datos o la falta de sensibilidad de los aspectos sociales para reflejarlos en nuevos índices que nos lleven a estos análisis, por lo que el esfuerzo debe estar en estos últimos o en una sinergia entre ambos. Dentro de los trabajos cuantitativos que se puedan desarrollar en el futuro, algunos podrán enfocarse en un estado o región que presente problemáticas de contaminación, y probar si esto está teniendo efecto en las tasas migratorias.

Referencias bibliográficas

- Afifi, T. y K. Warner (2008), “The Impact of Environmental Degradation on Migration Flows across Countries”, working paper 5/2008, United Nations University, Institute for Environment and Human Security.
- Aydemir, A. y G. Borjas (2006), “A Comparative Analysis of the Labor Market Impact of the International Migration: Canada, Mexico and the United States”, working paper 12327, Cambridge, Ma, National Bureau of Economic Research.
- Borjas, G. (2007), “Introduction”, en George Borjas (ed.), *Mexican Immigration to the United States*, Chicago, University of Chicago Press.
- Borkakoti, J. (1998), *International Trade Causes and Consequences*, Londres, Macmillan Press.
- Calderón, C. (2006), “Apertura económica, salarios y migración internacional”, *Ánálisis Económico*, 21 (46), pp. 167-187.

- Carter, R., W. Griffiths y G. Lim (2008), *Principles of Econometrics*, New Jersey, Wiley & Sons, Inc.
- Consejo Nacional de Población (Conapo) (2000), *Índice de intensidad migratoria México-Estados Unidos*, México, Conapo.
- _____(2005), *Migración México-Estados Unidos, panorama regional y estatal*, México, Conapo.
- Delgado, R. y H. Rodríguez (2001), “The Emergence of Collective Migrants and their Role in México’s Local and Regional Development”, *Canadian Journal of Development Studies*, 22 (3), pp. 747-764.
- Flores, A. (2006), *Degradación ambiental y migración en México*, presentación para el Simposium Internacional sobre Desertificación y Migraciones, México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- García, R., O. Pérez, G. Foladori, R. Delgado, M. Moctezuma, E. Reyes, H. Márquez y P. Rivera (2007), “Paradojas de la migración internacional y el medio ambiente”, *Economía, Sociedad y Territorio*, 6 (24), pp. 975-994.
- Harris, J. y M. Todaro (1970), “Migration, Unemployment and Development: A Two-Sector Analysis”, *American Economic Review*, 60, pp. 126-142.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2009), “La migración internacional mexicana, más intensa en las localidades rurales”, comunicado núm. 251/09, Aguascalientes.
- International Monetary Fund (IMF) (2002), *International Financial Statistics Yearbook*, Washington, D. C., International Monetary Fund.
- Izazola, H. (2003), *Migración y medio ambiente*, México, Universidad Autónoma Metropolitana.
- Jáuregui, C., H. González, J. Salazar y R. Rodríguez (2008), *Free Trade and Pollution in the Manufactory Industry in Mexico: A Verification of the Inverse Kuznets Curve at a State Level*, memorias del XXXVIII Congreso de Investigación ITESM.
- Jha, R. y J. Whalley (2003), “Migration and Pollution”, working paper 20034, Ontario, The University of Western Ontario, Department of Economics.
- Kondoh, K. (2003), *Transboundary Pollution and International Migration*, Chukyo University, School of Economics.
- _____(2007), “Transboundary Pollution and Brain Drain Migration”, *Review of Development Economics*, 11 (2), pp. 333-345.
- Markusen, J., J. Melvin, W. Kaempfer y K. Maskus (1995), *International Trade, Theory and Evidence*, McGraw Hill/Irwin.

- Mendoza, J. (2006), "Determinantes macroeconómicos regionales de la migración mexicana", *Migraciones Internacionales*, 3 (4), pp. 118-145.
- Orrenius, Z. (2005), "Self Selection among Undocumented Immigrants from Mexico", *Journal of Development Economics*, 78 (1), pp. 215-240.
- Pozos, O. (2007), *La brecha educativa entre las entidades federativas de México como determinante de la migración de México a Estados Unidos*, Tecnológico de Monterrey, Universidad Virtual.
- Reuveny, R. y W. Moore (2009), "Does Environmental Degradation Influence Migration? Emigration to Developed Countries in the Late 1980s and 1990s", *Social Science Quarterly*, Southwestern Social Science Association, 90 (3), pp. 461-479.
- Vanek, J. (1968), "The Factor Proportions Theory: The N-factor Case", *Kyklos*, 21, pp. 749-756.