



Estudios Fronterizos

ISSN: 0187-6961

ref@.ens.uabc.mx

Universidad Autónoma de Baja California  
México

Castillo Ponce, Ramón A.; Camargo Negrete, Gustavo; Rodríguez Espinosa, María de Lourdes  
La disposición de residuos peligrosos en la frontera norte de México: El caso de Baja California  
Estudios Fronterizos, vol. 14, núm. 27, enero-junio, 2013, pp. 9-29  
Universidad Autónoma de Baja California  
Mexicali, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53027858001>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## La disposición de residuos peligrosos en la frontera norte de México: El caso de Baja California

Ramón A. Castillo Ponce,\* Gustavo Camargo Negrete\*\*  
y María de Lourdes Rodríguez Espinosa\*\*\*

### Resumen

En este documento se realiza una evaluación de los determinantes de la disposición de residuos peligrosos hacia Estados Unidos. El objeto de estudio se refiere a empresas ubicadas en el estado de Baja California y considera el periodo 2008-2010. El análisis se lleva a cabo por medio de la estimación de dos especificaciones econométricas. La primera consiste en un modelo de datos truncados en el espíritu de Tobit. La segunda plantea un modelo probabilístico. Los resultados del primer modelo indican que el tamaño, la ubicación y el origen de la empresa influyen sobre la cantidad de residuos que se envían. Específicamente, los envíos exhiben un incremento cuando las empresas son de gran tamaño, se ubican en el municipio de Tijuana y son de origen extranjero. Por otro lado, a partir del segundo modelo se establece que una depreciación del peso resulta en un aumento en la probabilidad de envío, ello muy posiblemente debido a una mejora en el entorno productivo de la zona fronteriza.

*Palabras clave:* residuos peligrosos, disposición, envío, determinantes.

### Abstract

In this document we evaluate the determinants of shipments of hazardous waste to the US. We consider a sample of firms operating in the state of Baja California for the 2008-2010 sample period. The analysis consists on the estimation of two econometric specifications. The first refers to a truncated model in the spirit of Tobit. The second is a probabilistic model. The results of the Tobit model suggest that size, location and origin of the firm influence the amount of shipments. In particular, shipments are positively associated with larger firms; those located in the municipality of Tijuana and those whose origin is foreign. The probabilistic model finds that a depreciation of the Mexican peso contributes to an increase in the likelihood of sending a shipment. This may be the result of an improvement in the border economic environment due to the depreciation of the currency.

*Keywords:* hazardous waste, disposal, shipment, determinants.

\* Profesor-investigador de la Universidad Autónoma de Baja California y de la California State University. Correo electrónico: rcastil@calstatela.edu

\*\* Estudiante del doctorado en Ciencias Económicas, Universidad Autónoma de Baja California. Correo electrónico: g.e.camargo-negrete@hotmail.com

\*\*\*Profesora-investigadora, Universidad Tecnológica de la Mixteca. Correo electrónico: mdlrodrigo@mixteco.utm.mx

## Introducción

El avance tecnológico y la generación de nuevos productos han producido importantes logros en materia económica. Este beneficio, sin embargo, no se encuentra libre de costos. El desarrollo de nuevas tecnologías es usualmente acompañado de la generación de residuos. Éstos pueden ser emisiones atmosféricas, descargas de aguas residuales, residuos sólidos municipales, de manejo especial o residuos peligrosos de acuerdo con la clasificación de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat, 2012).

Dentro del contexto de México, la industrialización que se inició a partir de los años sesenta, y que se incrementó en los años ochenta y noventa, provocó un aumento acelerado de la generación de residuos peligrosos y su respectivo incremento en el impacto ambiental. Idealmente, la generación de residuos debería estar acompañada de infraestructura para cubrir las necesidades de mitigación del impacto ambiental. Desafortunadamente, en México ésta es insuficiente o en algunos casos extremos no existe (Santes-Álvarez, 2009). En consecuencia, las empresas optan por enviar sus residuos al extranjero, teniendo como destino principal el sur de Estados Unidos. Cabe señalar que esta actividad se realiza no sólo con el fin de contribuir al saneamiento del medio ambiente, sino también por requerimiento legal, que aplica tanto a empresas nacionales como las de origen extranjero asentadas en territorio nacional con régimen de importación temporal de materia prima.

Más allá del ámbito industrial, el fenómeno de disposición de residuos peligrosos ha sido atendido por diversas ciencias, incluyendo la económica. Esto no debe ser sorprendente, pues después de todo la acción de disponer de residuos es una actividad económica comparable a la acción de consumir o invertir. La aproximación a este tema dentro de la ciencia económica se ha hecho desde diferentes ángulos: métodos de disposición, elección de los sitios de tratamiento y confinamiento, efecto de los impuestos y otras regulaciones en la disposición y la selección del sitio de envío, por mencionar algunos. A la fecha, estudios sobre estos temas se han enfocado a países desarrollados, especialmente Estados Unidos. Para el caso de México, análisis de la disposición de residuos son prácticamente inexistentes, lo cual resulta interesante pues el país atraviesa por un periodo

de crecimiento industrial y entender el tema parece indispensable. Así, el propósito de este documento es realizar un estudio sobre la disposición de residuos en el ámbito de la ciencia económica, utilizando las herramientas de análisis que ella provee.

El objeto de estudio se confina a la disposición que realizan empresas ubicadas en el estado de Baja California. Aunque en parte la elección de esta entidad responde a la disponibilidad de datos, la misma representa en sí un caso ideal, pues la presencia en el estado de empresas que ejecutan esta actividad es significativa. El fondo del ejercicio radica en llevar a cabo una evaluación formal de los determinantes de la disposición de residuos de esta entidad federativa. Ella consiste en la estimación de especificaciones econométricas y su respectivo análisis. Resaltamos que el acercamiento metodológico que aquí se desarrolla es estándar en la evaluación de la práctica de disposición y ha sido empleado por diversos autores a los que más adelante se hará alusión.

El resto del documento se divide en tres secciones. En la primera se provee un panorama general de la literatura existente en el tema con el propósito de enmarcar el presente estudio dentro de ella. Aunque el mismo no es exhaustivo, sí abarca las principales líneas de investigación que se han abordado a la fecha, por lo cual es más extenso que una típica revisión de literatura. La segunda sección presenta los datos conjuntamente con un análisis descriptivo. En la tercera sección se lleva a cabo el ejercicio econométrico. Las conclusiones se vierten en el cuarto apartado.

## Literatura relevante

La literatura económica sobre el proceso de generación y disposición de residuos es amplia y abarca una gran gama de acercamientos. El tema se ha tratado desde la perspectiva microeconómica y macroeconómica. A continuación se relata una breve reseña en ambos contextos.

### *Ámbito microeconómico*

Los estudios sobre residuos peligrosos en este contexto son muy diversos. Temas como la imposición de impuestos para abatir su emisión, la regula-

ción, la externalidad asociada con la emisión, los esquemas de precios que tomen en cuenta los costos producidos por la contaminación, la localización de emisores y la valuación de la vivienda en función de la contaminación, entre otros, han sido ampliamente abordados en la literatura. Una referencia que agrupa documentos sobre esos temas es Sigman (2008). En el libro de este autor se incluyen 23 documentos sobre el tema de la economía de residuos peligrosos. Dentro de ellos se puede mencionar a Rausser y colaboradores (1998), quienes evalúan los factores que contribuyen a retardar el proceso de limpieza de sitios contaminados. Los autores encuentran que, además del lento proceso de litigación que rodea a estos eventos, elementos como la aversión al riesgo y el temor de contaminar otros sitios también influyen de manera significativa en la demora. Zabel y Kiel (2000), por otro lado, documentan la literatura sobre la demanda de un bien ambiental como lo es la calidad del agua. Por medio de la estimación de un modelo de precios hedónicos, estos autores encuentran que el bien ambiental es un bien normal, ya que la elasticidad de demanda del bien con respecto del ingreso es positiva y significativa. De igual manera, Boyd y colaboradores (1996) estudian la relación que existe entre desarrollos de bienes raíces con carácter comercial y los probables problemas de responsabilidad legal cuando los propietarios de dichos desarrollos son potenciales contaminadores. El análisis muestra que las distorsiones en términos de precios en este mercado se deben muy probablemente a situaciones de información asimétrica y a un costoso proceso para descubrir al o los responsables de contaminar.

Otros documentos que resulta pertinente mencionar son aquellos relacionados con el tema de las externalidades. Leroux y Laurent-lucchetti (2010), por ejemplo, muestran que un esquema de precios Lindahl<sup>1</sup> es el único mecanismo capaz de dividir de manera eficiente los costos asociados con la construcción de sitios para la disposición de materiales contaminantes, incluidos residuos. En sus palabras, el mecanismo resuelve el síndrome NIMBY (Not In My Back Yard), el cual se refiere a la aversión de las personas a que se construyan sitios como basureros o cárceles y que generen una externalidad negativa. De manera similar, Walls y Palmer (2001)

<sup>1</sup> El precio que un consumidor está dispuesto a pagar por un bien público es una función de la cantidad del bien público que consume y su ingreso, y es al mismo tiempo igual al costo marginal de proveer el bien.

desarrollan un modelo de producción y consumo en el que se incorpora el papel de las externalidades dentro del ciclo de vida de los individuos. Los autores muestran que no existe un mecanismo que pueda producir un óptimo social en la presencia de externalidades, por lo cual sugieren un acercamiento integral de política económica en estos casos.

Más allá de los estudios enmarcados en el tema de las externalidades, se encuentran otros documentos que abordan el tema de la disposición de residuos desde perspectivas poco atendidas pero ciertamente interesantes. Uno en particular es el estudio de Conrad (1999), que relaciona la generación y disposición de residuos con la teoría de la empresa a partir de la práctica de reciclar. Conrad deriva una función de producción eficiente que toma en cuenta al desperdicio como un producto adicional en el proceso productivo. Al mismo tiempo, considera al sector gubernamental como un agente que maximiza el bienestar de la sociedad con la restricción que significa el incentivar al producto para reciclar. Con base en este modelo se derivan escenarios dentro de los cuales la política de cobrar impuestos por la disposición de residuos puede ser deseable.

La breve descripción de la literatura de los párrafos anteriores pone en evidencia el gran número de líneas de investigación que existe sobre la generación, el manejo y la disposición de residuos peligrosos. También ilustra que esta literatura para el caso de países desarrollados, y particularmente para Estados Unidos, es abundante, lo cual no es cierto para países en vías de desarrollo. Para México la evidencia no es amplia, aquí se describen algunos trabajos.

En un estudio reciente de Ruiz-Nápoles (2011) se realiza una estimación de los costos de emisiones de gases en la industria mexicana a nivel de ramas. En el marco del concepto de externalidades, el autor encuentra que las ramas del sector eléctrico y aquellas relacionadas a él son las que más contaminan, por lo que sugiere que se implementen regulaciones más estrictas. Bajo el mismo espíritu de las externalidades, Zerlentes y colaboradores (2009) desarrollan un modelo en el que se cuantifica el efecto no-civo de los residuos producidos por la industria maquiladora en Nogales y Mexicali. Se concluye que en ambas ciudades es necesaria una mejora en el manejo de los residuos con el fin de aminorar su efecto negativo en la región. Lara-Valencia y colaboradores (2009), por otro lado, evalúan la relación entre la ubicación de plantas generadoras de residuos y las

condiciones socioeconómicas en la industria manufacturera asentada en la ciudad de Nogales. Sus resultados sugieren que el factor primordial de su ubicación es el acceso a la infraestructura y transporte urbanos. En un estudio específico a Yucatán, Drucker y colaboradores (2003) ilustran la importancia del manejo adecuado de los residuos generados por la industria agropecuaria. En 2004, Hernández realizó un amplio estudio sobre la relación que guarda la expansión de la industria maquiladora de exportación ubicada en la frontera norte de México y la emisión de residuos peligrosos. El autor encontró que después de la crisis de 1994-1995 se ha experimentado un aumento en la emisión de residuos y el comercio bilateral de ellos; esto debido al incremento en la demanda de bienes intermedios por parte de la industria maquiladora.

Como puede apreciarse, la literatura sobre residuos peligrosos para el caso de México es dispersa y escasa. En realidad ésta es un área del conocimiento poco explorada en nuestro país. En la siguiente sección se presenta un recuento de la literatura relevante en el aspecto macroeconómico.

### *Ámbito macroeconómico*

En este contexto se puede mencionar la literatura relacionada con el comercio internacional, la inversión extranjera directa, el crecimiento económico y la política ambiental, entre otros temas. Con respecto al primer acercamiento se tiene a Lapan y Sikdar (2011) que analizan los efectos de la liberalización comercial en la presencia de contaminación transfronteriza. Estos autores encuentran que en ciertas ocasiones el problema de la contaminación entre países conlleva una competencia por reducir impuestos a los generadores de la misma, lo que resulta en una reducción del bienestar para los participantes. Cole y colaboradores (2011), por su parte, examinan la relación entre la inversión extranjera directa y la generación de residuos industriales para el caso de China. El análisis muestra que las industrias que reciben inversión extranjera producen menos contaminación en relación con la industria doméstica. Esto sugiere que los estándares ambientales de empresas extranjeras son más estrictos que los implementados por empresas nacionales. En este mismo documento se determina que el crecimiento económico se asocia positivamente con la

generación de contaminación, lo cual no es sorprendente si se reconoce que la industrialización de un país va de la mano del desarrollo económico y la consecuente generación de residuos.

Sobre política ambiental, Riera y colaboradores (2005) señalan que los países a la vanguardia en la aplicación de políticas ambientales más ambiciosas pueden obtener ventajas comparativas, esto es, mejorar su competitividad respecto de otros países en determinados campos. Estas ventajas pueden reforzar a su vez el crecimiento económico.

Una economista que trata el tema de la política ambiental a profundidad es Porter, que lo fundamenta en su hipótesis. De acuerdo con esta autora, una estricta regulación ambiental, siempre y cuando sea eficiente, incentiva una mayor inversión empresarial en la investigación y uso de tecnologías más limpias con el consecuente beneficio para el ambiente, por un lado, y la innovación y mejora de los procesos de producción más eficientes, por el otro. Los ahorros en los costos que pueden ser alcanzados serían suficientes para compensar sobradamente los gastos ocasionados para cumplir las nuevas regulaciones así como los costos de innovación, incidiendo de manera directa en una mayor competitividad de la empresa (Porter y Van der Linde, 1995).

Al igual que en el ámbito microeconómico, la literatura para México en el campo macro no es muy abundante. Fernández (2004) aborda el problema de la contaminación fronteriza entre México y Estados Unidos a partir de la implementación del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). Para la autora los proyectos de saneamiento de la contaminación propuestos por Estados Unidos son aprobados más frecuentemente que los proyectos propuestos por México. Esto puede deberse al poder de negociación que el vecino país tiene. En este mismo sentido, Jáuregui-Nolen y colaboradores (2010) evalúan la relación entre la liberalización de la economía mexicana en 1994 y la contaminación causada por la industria manufacturera. Sus resultados indican que existe una relación positiva entre estas variables. Además, confirman la existencia de una curva ambiental Kuznets para el caso de México. De manera similar, Lipford y Yandle (2010) estudian la existencia de dicha curva y encuentran que el desempeño económico de México a partir de la firma del TLCAN ha sido inadecuado para que el incremento en el ingreso per cápita provoque una disminución en el nivel de contaminantes. Los autores auguran un futuro



para el país en el que la cuestión ambiental no mejorará sino hasta que se exhiba un crecimiento económico sostenido.

En relación con la política pública, Gallegos y Regibeau (2008) desarrollan un modelo de competencia imperfecta en el que muestran que un gobierno cerrado al comercio internacional tiene más incentivos de proteger a una industria limpia que a una muy contaminante; el incentivo desaparece en la presencia de un tratado de libre comercio y, de acuerdo con los autores, el bienestar del país podría disminuir. Fischhendler (2007), por otro lado, evalúa la manera en la que se resuelven las situaciones de contaminación de aguas residuales en la frontera Tijuana-San Diego. El autor sugiere que una política que considere las asimetrías de las ciudades es preferible a una que se base en el principio de “el que contamina paga”. El tema del crecimiento económico y la cuestión ambiental es abordado por Gómez-López y colaboradores (2011) en un análisis de las 32 entidades de la República Mexicana. Los autores señalan que no existe una relación significativa entre el crecimiento económico y el cuidado de factores ambientales, lo cual indica que el medio ambiente no es una prioridad fundamental en la política de crecimiento de México.

Como es evidente a partir de la revisión bibliográfica, el documento más cercano en espíritu a lo que se lleva a cabo en este trabajo es el de Hernández (2004). En él se examina cómo la generación y disposición de residuos ha evolucionado en el sector maquilador, aunque no aborda de manera explícita los patrones de disposición o los factores que influyen sobre esta práctica, como se hace en el presente análisis. Así, planteamos como objetivo abonar a la literatura sobre el manejo y la disposición de residuos peligrosos en México y particularmente en Baja California, siendo de esta manera un ejercicio innovador debido a que no se encuentran trabajos similares a éste.

## Datos

Para seleccionar el tamaño de la muestra se consideró como aspecto principal el tipo de generador de residuos peligrosos, dando mayor importancia a los grandes ya que representan más de 99% de la generación total de residuos peligrosos. La información fue obtenida del *Padrón de empresas generadoras de residuos peligrosos* de la Semarnat.

En el caso del estado de Baja California, se tienen registrados 4 092 generadores de residuos peligrosos, de los cuales 253 son autodeterminados como “Gran generador”. De éstos, sólo 61 empresas realizan la exportación de residuos peligrosos, debido a sus requerimientos legales por uso de materias primas de importación temporal (cuadro 1). Estas empresas representan alrededor de 85% de los retornos de residuos peligrosos en el estado de Baja California en el periodo comprendido entre 2008 y 2010. Estas 61 empresas son las que constituyen la muestra para el análisis que se lleva a cabo.

**Cuadro 1. Porcentaje de empresas por tipo de generador de residuos peligrosos**

<i>Tipo de empresa</i>	<i>Participación</i>
Microgenerador	1%
Pequeño generador	5%
Gran generador	38%
Gran generador exportador	56%

Fuente: Elaboración propia con datos de la Semarnat.

La distribución de empresas generadoras de residuos peligrosos por municipio e industria se muestra en el cuadro 2. Se aprecia que Tijuana es el municipio que cuenta con el mayor número de empresas exportadoras. Asimismo, se nota que equipo y artículos electrónicos ocupan un lugar prominente. Esto refleja en gran medida el hecho de que Baja California es uno de los principales productores de este tipo de bienes.

A manera de ilustración, en la gráfica 1 se detalla la cantidad de empleados para 31 de las 61 empresas que exportan residuos. El rango de empleados va desde los 45 hasta los 2 500.

De la información antes mencionada se tomarán algunos datos para implementar el estudio econométrico. Adicionalmente, se considerarán algunas otras variables que podrían ser de interés, como el tipo de cambio real y la producción industrial en México. En la siguiente sección se describirán con mayor detalle las variables explicativas que se consideran para el ejercicio econométrico.

**Cuadro 2. Distribución de empresas**

<i>Municipio</i>	<i>Industria</i>		
Tijuana	45	Equipo y artículos electrónicos	19
Mexicali	13	Artículos y productos de diferentes materiales	11
Ensenada	2	Servicios	8
Tecate	1	Artículos y productos metálicos	7
		Artículos y productos de plástico	5
		Automotriz	4
		Productos de madera	2
		Metalúrgica	2
		Pintura y tintas	1
		Química	1
		Vidrio	1

Fuente: Elaboración propia con datos de la Semarnat.

## Ejercicio econométrico

### *Variables*

La variable a explicar se refiere a la cantidad de residuos que empresas ubicadas en Baja California envían a Estados Unidos. Su fuente es el “Portal de Trámites” de la Semarnat dentro del tema de Residuos Peligrosos y Actividades Altamente Riesgosas, por la modalidad de Reporte y Aviso de Retorno de Residuos Peligrosos. La frecuencia es mensual y abarca de enero de 2008 a diciembre de 2010.

El conjunto de variables explicativas incluye el número de empleados por empresa, que se toma como una aproximación de tamaño. Razonablemente, se pensaría que empresas más grandes producen más residuos peligrosos y por ende se tendría una relación positiva entre esta medida y el número de envíos.<sup>2</sup> Para controlar la ubicación geográfica de las empre-

<sup>2</sup> Para justificar la inclusión del número de empleados como Proxy del tamaño de la empresa, o nivel de producción, se puede pensar en una función de producción que contiene trabajo como argumento. Los supuestos estándar se satisfacen, particular-

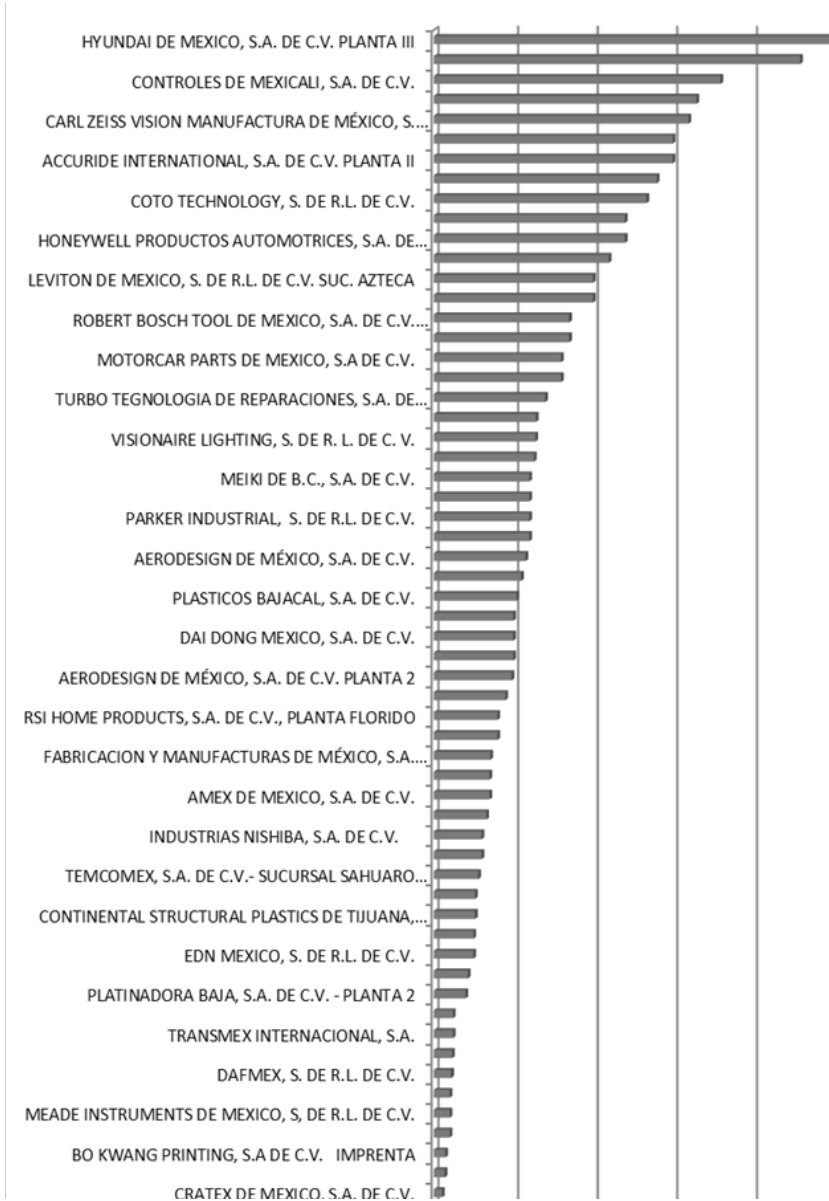
sas se construyen variables binarias que identifican el municipio en el que las empresas operan, ya sea Mexicali, Tijuana, Tecate o Ensenada. Nos pareció también relevante considerar el origen de las empresas, nacional o extranjera. Como se comentó en la descripción de la literatura, es posible que los estándares de disposición varíen entre tipo de empresa. Para ello se creó otra variable binaria que asume el valor de 1 si la empresa es internacional y de 0 si es mexicana. Una relación significativa de los envíos con esta variable sugeriría que las empresas extranjeras cuentan con prácticas de envíos más intensivas que empresas mexicanas. Esto, por supuesto, no impone ningún juicio en cuanto a los controles de la calidad de las empresas, sino simplemente describe los patrones de disposición que cada tipo de empresa presenta. La fuente de información para estas variables es la anteriormente mencionada para la variable dependiente. De manera adicional se postulan tres variables de control. La primera es la producción industrial nacional, que intenta capturar la dinámica de la economía agregada. Podría pensarse que en periodos de auge, por ejemplo, la producción de las empresas que se ubican en Baja California aumenta y por ende también el envío de residuos peligrosos. La segunda variable es el tipo de cambio real que tiene la intención de evaluar si cambios en su comportamiento afectan a los envíos. En este caso no es trivial predecir cuál será la relación cualitativa.

En primera instancia, se podría pensar que una depreciación disminuye tanto la actividad industrial como el envío de residuos. Sin embargo, ya que las empresas que se consideran en este ejercicio se ubican en la frontera norte, bien podría ser el caso que una depreciación favorezca la dinámica exportadora y en consecuencia el envío de residuos. Resulta particularmente interesante identificar cuál de estos efectos domina. Finalmente, se propone una variable de tendencia que cumple con dos propósitos: primero, inferir si la práctica de envíos ha cambiado a través del tiempo, quizá como resultado de la implementación de regulaciones más estrictas; y segundo, controlar por cualquier evento atípico que pudiera

---

mente una relación directa entre el nivel de trabajo y el nivel de producción, aunque posiblemente con retornos decrecientes a escala. Destacamos que esta variable no tiene como propósito evidenciar la relación que pudiera guardar el trabajo con el valor de la producción, ya que en el presente modelo la variable trabajo intenta explicar la dinámica de envíos, no de la producción.

**Gráfica 1. Número de empleados**



Fuente: Elaboración propia con datos de la Semarnat.

haber ocurrido durante el periodo de estimación, como podría ser la crisis financiera en Estados Unidos y la consecuente desaceleración económica.<sup>3</sup>

### *Metodología*

Con el fin de ilustrar la dinámica de la variable dependiente, en el cuadro 3 se presenta una muestra de los datos de envíos para el año 2008. Se observa un comportamiento que sugiere especial cuidado en la especificación econométrica. Esto es, se aprecia que existe un número significativo de observaciones con valor de 0. Por ello, la aplicación de algún modelo de datos de panel convencional pudiera ser no óptima.<sup>4</sup>

Así, se opta por considerar dos especificaciones. La primera se relaciona con un modelo TOBIT de variables truncadas. De esta manera se pueden analizar los datos controlando por la presencia de datos con observaciones de 0. Brevemente, se asume que los datos consisten de  $(y_i, X_i)$  para  $i = 1, \dots, N$ . El vector  $X_i$  de variables explicativas es observable siempre, pero no así  $y_i$ . Esto es, puede ser que exista una demanda por  $y_i$ , que en nuestro caso es la disposición de residuos peligrosos, pero la misma no se realiza sino hasta que un umbral de residuos  $L$  se cumple, entonces  $y_i$  asume un valor, de otra forma la actividad no se lleva a cabo y  $y_i$  toma el valor de 0. De manera más formal,  $y_i = 0$  cuando  $y^* < L$  y  $y_i > 0$  cuando  $y^* \geq L$ , donde  $y^*$  es la demanda latente por disposición de residuos. En este modelo la probabilidad de que una observación sea truncada está dada por

$$Pr(y^* \leq L) = Pr(x_i' \beta + \varepsilon \leq L)$$

Donde  $x_i'$  es el vector de variables explicativas y  $\beta$  los coeficientes a estimar.

La segunda especificación se refiere a un modelo probabilístico que

<sup>3</sup> Estrictamente hablando, esta variable controlaría por cambios atípicos en las tendencias de las variables.

<sup>4</sup> El que la variable de residuos asuma el valor de 0 no implica necesariamente que no haya demanda para su disposición, puede ser el caso de que la empresa espere a acumular una cantidad determinada de residuos para entonces mandarlos. De tal manera que no sería puntual tomar las observaciones de 0 como indicativo de no haber residuos.

**Cuadro 3. La variable dependiente**

Empresa	Envíos en 2008											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
AINNG0200211	29	21	20	19	14	11	12	8	5	6	8	7
AME9S0200411	3	3	7	9	18	7	14	16	12	37	20	5
AME9S0200412	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
AMEA10200411	1	3	1	4	4	9	4	10	9	5	6	5
ASE520200411	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
B&DK9020022	2	1	6	0	0	2	3	15	3	2	2	6
BKPS50200411	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BME520200431	1	1	2	3	0	3	4	3	3	1	2	0
CME600200411	0	3	2	3	1	0	5	2	6	2	5	3
CME870200211	9	4	0	6	10	10	4	12	7	12	10	3
CS&910200411	15	8	23	9	24	13	31	13	16	24	10	14
CSPS20200411	0	0	0	0	0	0	4	0	0	12	7	13
CTE910200211	5	10	9	4	12	11	6	10	4	5	5	4
DCO500200421	0	0	2	3	4	1	2	8	8	5	0	0
DDM6E0200411	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0

Fuente: Elaboración propia con datos de la Semamat.

tiene como objetivo identificar qué factores contribuyen a que la empresa decida enviar sus residuos a Estados Unidos, esto es, qué variables influyen sobre la probabilidad de que exista un envío. Cabe puntualizar que este ejercicio no es necesariamente una implicación o resultado de las estimaciones realizadas bajo el modelo TOBIT, y por ende sus resultados no tienen que ser empatados con los obtenidos a través de dicho modelo. El ejercicio está diseñado para entender cómo cambian las probabilidades de envío en función de algunas variables de interés. Se consideró implementar esta estimación debido a que, como se indicó anteriormente, un número significativo de observaciones asume el valor de 0. De tal manera que se procedió a definir una variable dependiente binaria que toma el valor de 0 cuando no hay envío y de 1 cuando sí lo hay. En términos generales, la variable se define como  $y = 1$  con probabilidad  $p$  y  $y = 0$  con probabilidad  $1 - p$ . Para no imponer ninguna restricción en la distribución de los errores se define una especificación LOGIT en la cual la probabilidad de  $y = 1$  condicional en el vector de variables explicativas  $x$  se define como:

$$p = \text{Pr}(y = 1 | x) = e^{x'\beta} / (1 + e^{x'\beta})$$

Evidentemente, aquí se supone que la razón por la cual no hay un envío no se relaciona necesariamente con el hecho de no haber acumulado una cantidad umbral de residuos, sino que se asume que existen otros factores más allá de éste que influyen sobre la decisión de enviar.

### *Estimaciones y discusión de resultados*

En el cuadro 4 se muestran los resultados de la estimación del modelo TOBIT. Previo análisis de las correlaciones, se determinó que el tipo de cambio real y la producción industrial no debían de incluirse en la misma especificación, así como las variables binarias de Tijuana y Mexicali; de ahí que se estimaran dos ecuaciones. La etiquetada como A contiene el número de empleados, la producción industrial, las variables de Tijuana y Tecate, la variable de identidad de país y la tendencia denotada Tiempo. La especificación B mantiene todas estas variables y únicamente cambia la producción industrial por el tipo de cambio.



Destaca el hecho de que en ambas ecuaciones los coeficientes de Empleados, Tijuana y No México resultan significativos, mientras que los coeficientes de las otras variables no. Esto nos puede dar cierta confianza de la robustez de los resultados. Así, se puede establecer que el tamaño de la empresa determina la cantidad de envíos de residuos peligrosos; esto es, empresas más grandes tienden a mandar más residuos, lo cual es entendible. De la misma manera, se obtiene que el hecho de que las empresas se ubiquen en el municipio de Tijuana y que no sean de origen mexicano, se relaciona positivamente con el envío de residuos. Esto en cierta medida corrobora lo que se notó en la descripción gráfica, destacando una presencia importante de empresas en la ciudad de Tijuana. En el cuadro 4 también se reportan los cambios marginales y las elasticidades que se derivan de la estimación. Los cambios marginales son simplemente los coeficientes estimados, y representan un cambio en la variable dependiente dado un cambio infinitesimal en las variables explicativas. Las elasticidades resultan interesantes, aparentemente, el factor que más incide sobre el monto de envíos es la identidad de la empresa, para la que se encuentra una elasticidad de 0.357. En menor medida incide el tamaño de la empresa y su ubicación. Cabe señalar que en todos los casos las elasticidades son positivas y menores a la unidad.

En el cuadro 5 se muestran los resultados del modelo LOGIT. Para puntualizar, la variable dependiente asume el valor de 1 cuando hay envío y de 0 cuando no lo hay. Las variables de la derecha son aquellas que se emplearon en las estimaciones anteriores. Los factores que inciden sobre la probabilidad de envío son la producción industrial, el tipo de cambio y la tendencia en el tiempo. De acuerdo con los efectos marginales, a medida que aumenta el tiempo la probabilidad de disposición de residuos hacia Estados Unidos disminuye, aunque la magnitud del efecto marginal y elasticidad no es importante. Esto puede indicar que a través de los años, poco a poco las empresas han identificado opciones alternas a mandar los residuos al extranjero. Quizá en México ya se encuentren alternativas de menor costo. Por otro lado, se observa que un “pequeño” cambio positivo en la producción industrial disminuye la probabilidad de mandar residuos por 0.014, que en realidad es una magnitud minúscula. Por el contrario, una “pequeña” depreciación del tipo de cambio aumenta la probabilidad por una magnitud igualmente pequeña.

**Cuadro 4. Modelo tobit**

	A	B	Efectos Marginales	Elasticidades
Empleados	0.004* (0.001)	0.004* (0.001)	0.004* (0.001)	0.220* (0.036)
Prod. Ind.	0.009 (0.019)			
TC		0.019 (0.036)		
Tijuana	2.167* (0.709)	2.176* (0.711)	2.176* (0.711)	0.153* (0.051)
Tecate	3.556 (2.413)	3.588 (2.412)		
No México	4.084* (1.284)	4.068* (1.282)	4.068* (1.282)	0.357* (0.114)
Tiempo	-0.021 (0.018)	-0.024 (0.019)		
Grupos	61	61		
Observaciones	2196	2196		
Censoradas	592	592		
No Censoradas	1604	1604		
Valor P	0.000	0.000		

Con base en la magnitud de las elasticidades es posible establecer que la respuesta de la variable de envíos es mayor respecto del tipo de cambio que en relación con la actividad macroeconómica, representada por la producción industrial. Esto es, mientras que la elasticidad respecto del tipo de cambio es 2.074, la correspondiente a la producción industrial en

términos absolutos es 1.051. Este resultado sin duda subraya la importancia del tipo de cambio en la economía de la frontera, que se caracteriza por su vocación exportadora.

Cabe comentar que en principio el signo negativo del coeficiente de producción industrial podría parecer sospechoso, pues al aumentar la actividad económica podría pensarse que la producción de las empresas

**Cuadro 5. Modelo logit**

	A	B	Efectos Marginales	Elasticidades
Empleados	0.001 (0.001)	0.001 (0.001)		
Prod. Ind.	-0.014* (0.006)		-0.014* (0.006)	-1.051* (0.482)
TC		0.039* (0.012)	0.039* (0.012)	2.074* (0.699)
Tijuana	0.304 (0.521)	0.307 (0.522)		
Tecate	-0.054 (1.984)	-0.051 (1.989)		
No México	0.896 (0.789)	0.899 (0.789)		
Tiempo	-0.018* (0.006)	-0.022* (0.006)	-0.018* (0.006)	-0.265* (0.079)
Grupos	61	61		
Observaciones	2196	2196		
Valor P	0.012	0.001		

crece y en consecuencia también la cantidad de residuos y envíos. Esto tendría sentido si el ciclo económico de la producción industrial y el de la producción a nivel de empresa estuvieran sincronizados, lo cual no es necesariamente cierto.

Una posible explicación para este signo se sustenta en notar cómo el mismo es opuesto al que exhibe el coeficiente del tipo de cambio (de hecho la correlación entre estas variables es negativa). Ello sugiere que cuando el tipo de cambio se deprecia la producción industrial disminuye, fenómenos que están bien documentados para la economía mexicana. Así, aunque la depreciación del peso contraiga a la actividad agregada, de alguna forma ésta promueve la actividad fronteriza. La mejora en la dinámica fronteriza conduce a que la probabilidad de envío aumente, aunque en el resto del país la económica experimente una desaceleración. Este hallazgo fortalece los argumentos sobre la necesidad de mantener una moneda competitiva para que las actividades productivas de exportación se fortalezcan. Por supuesto, ésta es sólo una posible explicación que nos parece razonable, pero sería interesante que se retomaran los resultados aquí presentados para evaluar con mayor detenimiento las relaciones que existen entre el tipo de cambio, la producción industrial a nivel agregado y la dinámica productiva de las empresas ubicadas en la franja fronteriza.

## Conclusiones

El estudio del manejo y disposición de residuos peligrosos para el caso de México ha sido escaso. A pesar de que la literatura en la materia es amplia, la misma se concentra en países desarrollados, principalmente Estados Unidos. En este documento se llevó a cabo un análisis sobre los determinantes en la disposición de residuos peligrosos; nuestro objeto de estudio es la frontera norte y específicamente el estado de Baja California. El acercamiento metodológico consistió en la estimación de ecuaciones de datos truncados y un modelo probabilístico. Los resultados del primero revelan que el tamaño de la empresa y su origen influyen significativamente sobre la cantidad de residuos que se envían al extranjero: entre más grande es la empresa, o si su origen no es nacional, mayor cantidad se envía. En cuanto al segundo modelo, destaca el hecho de que la probabilidad de disposición

aumenta cuando se deprecia el tipo de cambio. Nuestra interpretación de esto es que la depreciación favorece a las actividades de exportación, y en consecuencia la cantidad de residuos aumenta al experimentarse un auge en la actividad económica de empresas fronterizas. Sería interesante que en el futuro se evaluara con mayor detenimiento la relación que existe entre las fluctuaciones del tipo de cambio, la dinámica económica de la frontera y las prácticas de disposición de residuos peligrosos. Lo que presentamos en este documento debe servir como pauta para continuar con esta línea de investigación.

## Bibliografía

- Boyd, J., W. Harrington y M. K. Macauley (1996), "The Effects of Environmental Liability on Industrial Real Estate Development", *Journal of Real Estate Finance and Economics*, núm. 12, pp. 37-58.
- Cole, M., R. Elliott y J. Zhang (2011), "Growth, Foreign Direct Investment, and the Environment: Evidence from Chinese Cities", *Journal of Regional Science*, núm. 51, pp. 121-138.
- Conrad, K. (1999), "Resource and Waste Taxation in the Theory of the Firm with Recycling Activities", *Environmental and Resources Economics*, núm. 14, pp. 217-242.
- Drucker, A., R. Escalante-Semerena, V. Gómez-Gonzalez y S. Magaña-Rueda (2003), "La industria porcina en Yucatán: un análisis de la generación de aguas residuales", *Problemas del Desarrollo*, núm. 34, pp. 105-124.
- Fernández, L. (2004), "Revealed Preferences of an International Trade and Environment Institution", *Land Economics*, núm. 80, pp. 224-238.
- Fischhendler, I. (2007), "Escaping the Polluter Pays' Trap: Financing Wastewater Treatment on the Tijuana-San Diego Border", *Ecological Economics*, núm. 63, pp. 485-498.
- Gallegos, A. y P. Regibeau (2008), "Comercio estratégico y políticas ambientales para las industrias oligopólicas", *El Trimestre Económico*, núm. 75, pp. 317-348.
- Gómez-López, C., K. Barrón-Arreola y L. Moreno-Moreno (2011), "Crecimiento económico y medio ambiente en México", *El Trimestre Económico*, núm. 78, pp. 547-582.
- Hernández, P. (2004), "Mexico's Maquiladora Expansion during the 1990s: An Environmental Assessment", *Ecological Economics*, núm. 49, pp. 163-185.
- Jáuregui-Nolen, E., J. Salazar-Cantú, R. Rodríguez-Guajardo y H. González-García (2010), "Free Trade and Pollution in the Manufacturing Industry in

- Mexico: A Verification of the Inverse Kuznets Curve at a State Level”, *Revista de Economía*, núm. 29, pp. 99-119.
- Lapan, H. y S. Sikdar (2011), “Strategic Environmental Policy Under Free Trade with Transboundary Pollution”, *Review of Development Economics*, núm. 15, pp. 1-18.
- Lara-Valencia, F., S. Harlow, M. Lemos y C. Denman (2009), “Equity Dimensions of Hazardous Waste Generation in Rapidly Industrialising Cities along the United States-Mexico Border”, *Journal of Environmental Planning and Management*, núm. 52, pp. 195-216.
- Leroux, J. y J. Laurent-Lucchetti (2010), “Lindahl Prices Solve the NIMBY Problem”, *Economics Bulletin*, núm. 30, pp. 2457-2463.
- Lipford, J. y B. Yandle (2010), “NAFTA, Environmental Kuznets Curves and Mexico’s Progress”, *Global Economy Journal*, núm. 10, Article 4.
- Porter, M. E. y C. Van der Linde (1995), “Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship”, *Journal of Economic Perspectives*, núm. 9, pp. 97-118.
- Rausser, G., L. Simon y J. Zhao (1998), “Information Asymmetries, Uncertainties, and Cleanup Delays at Superfund Sites”, *Journal of Environmental Economics and Management*, núm. 35, pp. 48-68.
- Riera, P., D. García, B. Runar y K. Bengt (2005), *Manual de economía ambiental y de los recursos naturales*, España, Thomson.
- Ruiz-Nápoles, P. (2011), “Estimación de los costos relativos de las emisiones de gases de efecto invernadero en las ramas de la economía mexicana”, *El Trimestre Económico*, núm. 78, pp. 173-191.
- Santes-Álvarez, R. V. (2009), *Replanteando la interacción gobierno-sociedad: lecciones de la gobernanza ambiental en la franja México-Estados Unidos*, Eumed.net.
- Semarnat (2012), Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado el 22 de abril de 2012, de semarnat: [www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)
- Sigman, H. (2008), *The Economics of Hazardous Waste and Contaminated Land*, The International Library of Critical Writings in Economics Series, vol. 216.
- Walls, M. y K. Palmer, (2001), “Upstream Pollution, Downstream Waste Disposal, and the Design of Comprehensive Environmental Policies”, *Journal of Environmental Economics and Management*, núm. 41, pp. 94-108.
- Zabel, J. E. y K. A. Kiel (2000), “Estimating the Demand for Air Quality in Four U.S. Cities”, *Land Economics*, núm. 76, pp. 174-194.
- Zerlentes, B., G. Hewings y S. Weiler (2009), “Modeling Production Externalities in the Maquila Industry”, *Ecological Economics*, núm. 68, pp. 822-835.

Artículo recibido el 17 de mayo de 2012.

Segunda versión aprobada el 26 de febrero de 2013.