

Sergio Franco Maass

Doctor en geografía por la Universidad de Alcalá. Investigador del Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Planeación Territorial de la Facultad de Planeación Urbana y Regional, Universidad Autónoma del Estado de México.
Teléfonos y telefaxes: 01 (7) 219-4613, 212-1938 y 212-9246 (ext. 33).
Correo-e: serfm@listas.uaemex.mx



AVANCES DE
INVESTIGACIÓN

APLICACIÓN DE LA NORMATIVA MEXICANA PARA LA LOCALIZACIÓN DE CONFINAMIENTOS DE RESIDUOS PELIGROSOS EL CASO DEL VALLE DE TOLUCA¹

El desarrollo industrial de México ha estado acompañado por un notable incremento en la generación de residuos industriales peligrosos. La Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap) calcula que la generación total anual de residuos en el país ascendía, hacia 1996, a ocho millones de toneladas [Semarnap, 1996: 45]. A pesar de que esta cifra debe considerarse con muchas reservas,² permite dar una dimensión de la gravedad del problema. Los sistemas para la gestión de dichos residuos son muy precarios; es-

to ha conducido a que en su gran mayoría sean manejados de forma clandestina, al depositarse en drenajes municipales y cuerpos de agua. Tal acción se facilita, pues 90% de los residuos, *principalmente los peligrosos*, adoptan estados líquidos, acuosos o semilíquidos [Semarnap, 1996: 42 y ss].

De acuerdo con los datos aportados por la Semarnap, el mayor generador de residuos peligrosos en México es el Distrito Federal, que en 1996 generaba un total de 1'839,000 toneladas anuales, lo que representaba 22.98%, seguido del estado de México con 1'415,000 toneladas anuales, es decir, 17.68%.

Tomando como referencia los datos oficiales y considerando la proporción del personal ocupado en el sector secundario en el valle de Toluca (16.45%) con respecto al total estatal, la generación anual de residuos peligrosos en 1996 ascendía a 232,767.5 toneladas métricas (Tm). Estos valores difieren sensiblemente de nuestros cálculos (46,782.63 Tm). Huelga decir que la metodología de cálculo que utilizamos ha mostrado ser muy consistente con otros estudios y con los resultados obtenidos de su aplicación a datos sobre la generación de residuos en la comunidad de Madrid, España.

En cualquier caso, los efectos de la generación de residuos en el estado de México han sido muy importantes. Es la entidad que mayor cantidad de residuos produce; presenta sitios gravemente afectados por su inadecuada disposición y cuyo impacto en la salud y el ambiente quizá no están ampliamente evaluados. El tipo de industrias instaladas en el valle de Toluca (particularmente el corredor industrial Toluca-Lerma), así como la concentración de la población, ha llevado a considerarlo como una de las regiones de mayor prioridad para realizar acciones y proyectos institucionales destinados a la gestión de materiales peligrosos.

Se considera que tan sólo 12% de los residuos peligrosos generados en el país son controlados adecuadamente. El presupuesto destinado a este objetivo está distribuido de la siguiente manera: 35% para el desarrollo de sistemas de confinamiento, 29% al reciclado energético y el resto para actividades de investigación y estudio [Semarnap, 1996: 126 y ss]. Evidentemente existe una gran desproporción entre la magnitud del problema y los recursos económicos que se destinan para su solución.

En 1996 la Semarnap publicó el *Programa para la minimización y manejo integral de residuos industriales peligrosos en México, 1996-2000*. Este programa considera, dentro de sus principales estrategias para enfrentar el problema de los residuos industriales, la promoción y desarrollo de proyectos de inversión destinados a la instalación de Centros Integrales para el Manejo y Aprovechamiento de los Residuos Industriales (CIMARI) [Semarnap, 1996]. Evidentemente, implantar una estrategia de esta naturaleza implica, entre otras cosas, contar con un marco legal adecuado que garantice "minimizar o evitar riesgos am-

¹ Los resultados que se presentan en este trabajo se derivan del proyecto de investigación "Metodología para la localización de Centros Integrales para la Gestión de Desechos Industriales Peligrosos. El caso del valle de Toluca", realizado en el Departamento de Geografía de la Universidad de Alcalá, España, bajo el patrocinio de la Universidad Autónoma del Estado de México y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

² No se conoce con precisión el procedimiento de evaluación utilizado por el organismo oficial, pero los datos resultan muy similares a los obtenidos con índices diseñados para estimaciones muy generales y poco confiables.

bientales, inducir el manejo adecuado de los residuos y ofrecer certidumbre a la inversión en la infraestructura y los bienes de capital necesarios" [Semarnap, 1996: 119].

1. Marco legal para la localización de instalaciones para la gestión de residuos peligrosos en México

A pesar de la pujante industrialización que ha experimentado el país desde la década de los 40, hasta 1971 no se aplicaba ningún criterio ambiental para el desarrollo industrial. En ese año se promulgó la primera Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental orientada por criterios de salud. Hacia 1973, con el Código Sanitario, se abordaron cuestiones más específicas sobre la generación de residuos peligrosos así como la emisión de descargas industriales; sin embargo, hasta la fecha no se ha logrado un control sobre el manejo de los residuos.

La base del sistema jurídico mexicano es la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que fue promulgada el 5 de febrero de 1917 y que ha sido reformada en múltiples ocasiones para incorporar diversos aspectos relacionados con la protección del ambiente. De ella se deriva, en un primer nivel jerárquico, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) que fue publicada el 28 de enero de 1988 en el *Diario Oficial de la Federación*. Esta ley se fundamenta en los preceptos constitucionales y sienta las bases para regular las acciones en materia de gestión de residuos peligrosos.

La LGEEPA funciona como marco general de donde se derivan diversos reglamentos, entre los que destaca el Reglamento de Residuos Peligrosos, publicado el 25 de noviembre de 1988 en el *Diario Oficial de la Federación*. Dicho reglamento establece los requisitos que deben cumplir quienes generan residuos peligrosos y regula su transporte, almacenamiento, recolección y

disposición final. También detalla las acciones para el control, seguridad y sanciones relativas.

Para el cumplimiento técnico de los requisitos y procedimientos del Reglamento de Residuos Peligrosos se publicaron, entre 1988 y 1989, siete Normas Técnicas Ecológicas (NTE), que fueron derogadas y transformadas en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), publicadas en 1993 en el *Diario Oficial de la Federación*. El 22 de octubre de 1993 se publicó la Norma Oficial Mexicana NOM-055-ECOL-1993: "Que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto de los radiactivos" [Secretaría de Gobernación (SG), 1993].

Esta normativa fue revisada y en 1996 se publicó, en el *Diario Oficial de la Federación*, el proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-055-ECOL-1996, que buscaba sustituir a la norma NOM-055-ECOL-1993 y que establecía

"requisitos más amplios y confiables para proyectos relativos a los sitios que se destinarán para un confinamiento controlado y a la instalación de centros integrales para el manejo de residuos industriales peligrosos" [SG, 1996: 22].

La nueva normativa, sin embargo, no fue aprobada en su momento, por lo que quedó vigente hasta la fecha la norma publicada en 1993.

2. Aplicación de la normativa mexicana para la localización de un CIMARI en el valle de Toluca

2.1. Principales criterios considerados en la normativa mexicana

Como se ha mencionado con anterioridad, los requisitos y procedimientos vigentes para la localización de confinamientos controlados de residuos peligrosos en México se encuentran contenidos en la norma NOM-055-ECOL-1993. Sin embargo, dadas las importantes diferencias que

esta normativa presenta con la propuesta de 1996, se ha considerado interesante, para efectos del presente trabajo, realizar una revisión comparativa de los criterios considerados en ambos documentos. El cuadro 1 presenta una síntesis de los principales criterios contenidos en ambas normativas y que, de acuerdo con la información disponible, era posible considerar en nuestro ejercicio de aplicación.

Estos criterios pueden agruparse en diversas categorías:

a. Proximidad a la infraestructura regional.

Este es uno de los rubros que recibió mayor atención en la reforma de la normativa mexicana. Mientras que en la norma de 1993 únicamente se considera una distancia restrictiva de 500 metros a partir de las carreteras (gráfica ij), en la norma de 1996 se han incluido distancias restrictivas a otro tipo de infraestructuras, como vías de ferrocarril, líneas de tendido eléctrico, líneas de cableado telefónico y telegráfico y poliductos (gráficas ig, ih, ii, ij y ik).

CUADRO 1
RESTRICCIONES DE LAS NORMAS 055 DE 1993 Y 1996

Concepto	Restricciones	
	1993	1996
Proximidad a autopistas y carreteras	500 metros	100 m
Proximidad a vías de ferrocarril	S/R	100 m
Proximidad a líneas de conducción eléctrica	S/R	100 m
Proximidad a gasoductos, oleoductos y poliductos	S/R	2,500 m
Proximidad a líneas de tendido telefónico y telegráfico	S/R	100 m
Proximidad a localidades mayores a 10,000 habitantes	25,000 m	5,000 m
Proximidad a localidades de entre 5,000 y 10,000 habitantes	15,000 m	5,000 m
Proximidad a localidades menores a 5,000 habitantes	S/R	5,000 m
Zonas permeables (protección al acuífero)	R	R
Zonas sujetas a inundación	R	R
Proximidad a cuerpos de agua permanentes	500 m	1,000 m
Proximidad a cuerpos de agua intermitentes	500 m	200 m
Proximidad a corrientes permanentes	500 m	1,000 m
Proximidad a corrientes intermitentes	500 m	200 m
Proximidad a acueductos y canales	S/R	500 m
Desnivel respecto a corrientes y cuerpos de agua permanentes	20 m	S/R
Proximidad a fuentes de abastecimiento de agua	350 m	500 m
Dirección de los vientos dominantes	R	R
Zonas sísmicas R	R	
Riesgo de deslizamientos	S/R	R
Pendientes del terreno	<30% y >5%	S/R
Zonas erosionadas R	S/R	
Áreas naturales protegidas	R	R
Proximidad a las áreas naturales protegidas	S/R	2,500 m
Zonas de cultivo S/R	R	
Proximidad a zonas de cultivo	S/R	2,500 m
R Restricción absoluta	S/R	Sin restricción o no considerado explícitamente en la normativa

Fuente: elaboración propia

³ Las normativas de países desarrollados como Estados Unidos y Alemania definen una zona restrictiva de 1000 pies a partir de una fuente principal de abastecimiento de agua a la comunidad [Hoffmann *et.al.*, 1993: 157]

b. Proximidad a la población. La legislación mexicana establece importantes limitaciones en materia de localización de confinamientos de residuos con respecto a la proximidad de los principales núcleos de población. Existen, sin embargo, algunas diferencias entre las dos normativas analizadas. La norma de 1993 establece una distancia restrictiva muy alta con respecto a las grandes localidades (25 kilómetros para localidades con una población superior a 10,000 habitantes [gráfica II] y 15 km para localidades de entre 5,000 y 10,000 habitantes [gráfica IK]), pero no considera restricción alguna para localidades más pequeñas. La norma de 1996 tiende a flexibilizar un poco este criterio restrictivo para las grandes localidades (al fijarlo en 5 km) e incluye un criterio restrictivo de 1 km para los centros rurales de población (menores a 5,000 habitantes) (gráfica III).

c. Protección de los recursos hidrológicos. Las normativas mexicanas ponen especial énfasis en la protección de los recursos hidrológicos. Por tal motivo han venido manejándose diversos criterios tendientes a la conservación de las aguas subterráneas y superficiales.

Conexión al acuífero: Ambas normativas resultan especialmente restrictivas a este respecto y establecen que el confinamiento debe ubicarse en zonas sin conexión con acuíferos. De no cumplirse lo anterior, el acuífero subyacente

deberá estar a una profundidad mínima de 200 m y las características del subsuelo deben ser tales que cualquier contaminante tiene que ser retenido antes de llegar al acuífero. Esto implica considerar que el tiempo de flujo de la superficie al manto freático debe ser mayor a 300 años. A pesar de que no se cuenta con información sobre la exacta distribución del acuífero en el valle de Toluca, es posible considerar que se localiza, fundamentalmente, bajo la extensa zona aluvial, con una profundidad que oscila entre los 10 y los 70 m. Esto permite definir a dicha región *claramente diferenciable en el mapa de unidades litológicas* como una zona de restricción absoluta.

Dado que no se conoce con precisión el factor de permeabilidad para las distintas unidades litológicas del valle de Toluca, se optó por establecer un índice cualitativo de permeabilidad a partir de las características intrínsecas por cada tipo de unidad. De esta manera, hemos establecido la siguiente escala de permeabilidad (cuadro 2).

De esta manera fue posible considerar las áreas con permeabilidad media alta, alta y muy alta como las zonas restringidas a la localización del confinamiento de residuos (gráfica 1a).

Proximidad a las principales fuentes de abastecimiento de agua potable (manantiales y pozos): A pesar de que la norma de 1993 no

CUADRO 2
PERMEABILIDAD DE LAS UNIDADES LITOLÓGICAS DEL VALLE DE TOLUCA

Unidad litológica	Permeabilidad
Andesitas, dacitas y tobas	Baja
Brechas volcánicas	Media
Areniscas-tobas	Media
Basaltos	Media alta
Suelos lacustres	Media alta
Calizas	Alta
Aluvión	Muy alta
Fuente: elaboración propia	

considera expresamente este criterio, la norma de 1996 retoma propuestas normativas de países como Estados Unidos y Alemania³ y define una zona restrictiva de 500 m a partir de toda fuente principal de abastecimiento de agua a la comunidad (gráfica 11e).

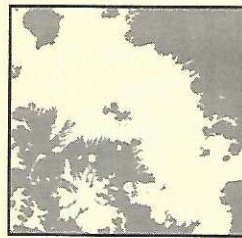
Proximidad a cuerpos de agua y zonas inundables: Las normas analizadas establecen que el confinamiento debe localizarse fuera de llanuras de inundación con un periodo de retorno de 100 años. Sin embargo, no se cuenta con información que permita delimitar estas regiones en el valle de Toluca. Por esta razón es posible definir solamente un espacio restrictivo similar al considerado para los cursos de agua. La norma de 1996 es aún más específica y establece una distancia restrictiva de 1,000 m a partir de los cuerpos de agua permanentes y de 200 m desde los cuerpos de agua intermitentes (gráficas 11b y 11c).

Proximidad a cursos de agua: Partiendo de la normativa de 1993, es necesario considerar dos elementos restrictivos: el confinamiento no debe construirse a una distancia longitudinal menor a 500 m de cualquier cauce de corriente, permanente o estacional; y entre la instalación y el fondo de los cauces de corrientes con escurrimientos mayores a 100 metros cúbicos (m^3) anuales, debe existir un desnivel de por lo menos 20 m. La norma de 1996 modifica estos parámetros al establecer una distancia restrictiva de 1,000 m a partir de las corrientes permanentes y de 200 m de las corrientes intermitentes. Asimismo, se desestima el criterio de altitud a partir del lecho de los ríos principales.

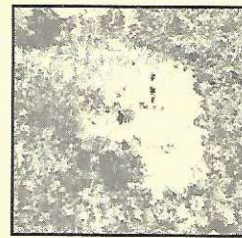
Altura a cursos de agua: De acuerdo con la normativa de 1993, el confinamiento debe construirse a un desnivel de por lo menos 20 m a partir del fondo de los ríos con escurrimiento mayor a 100 m^3 anuales. Dado que se desconoce el gasto de las corrientes de agua en la región, sólo ha sido posible obtener un mapa de altura para las corrientes permanentes (gráfica 1f). Es importante destacar que la obtención de

SERIE I DE GRÁFICAS

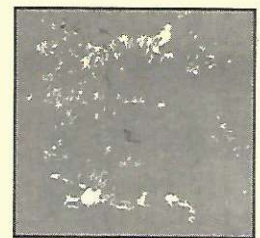
RESTRICCIONES DE LA NORMA MEXICANA NOM-055-ECOL-1993



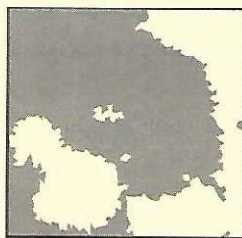
a) Litología (zonas impermeables)



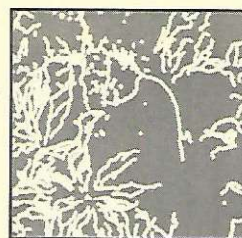
b) Pendiente (entre 5 y 30%)



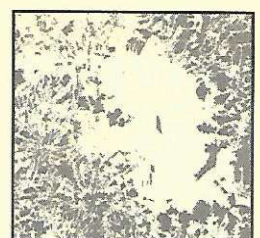
c) Zonas erosionadas



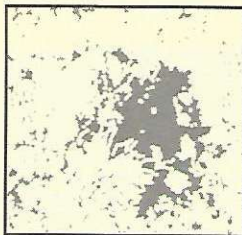
d) Áreas protegidas



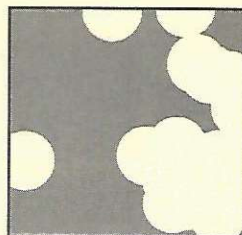
e) Proximidad a ríos



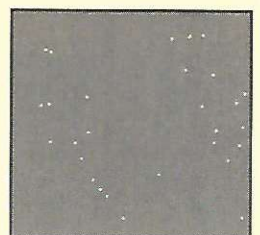
f) Altura a ríos permanentes



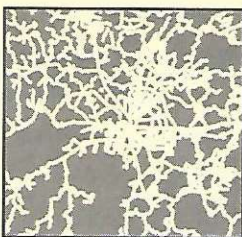
g) Proximidad a arroyos



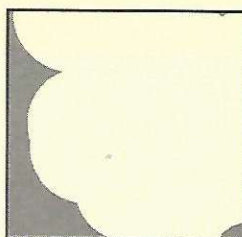
h) Proximidad a epicentros



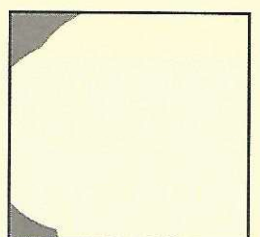
i) Proximidad a fuentes de agua potable



j) Proximidad a carreteras



k) Localidades menores a 10,000 habitantes



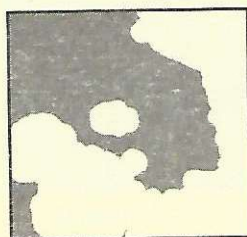
l) Localidades mayores a 10,000 habitantes



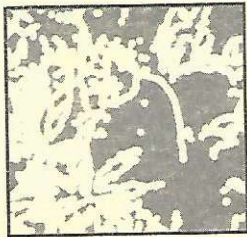
■ Sin restricción

Fuente: elaboración propia

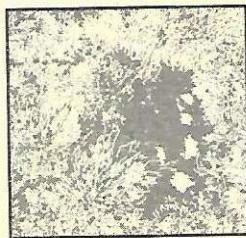
SERIE II DE GRÁFICAS
RESTRICCIONES DE LA PROPUESTA DE NORMA MEXICANA
NOM-055-ECOL-1996



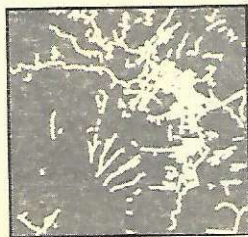
a) Proximidad a áreas protegidas



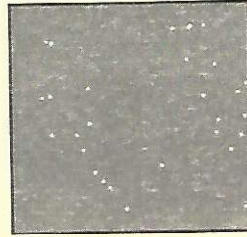
b) Proximidad a cuerpos permanentes



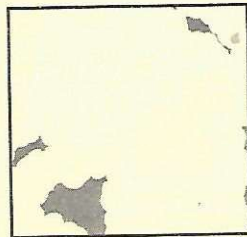
c) Proximidad a cuerpos intermitentes



d) Proximidad a acueductos



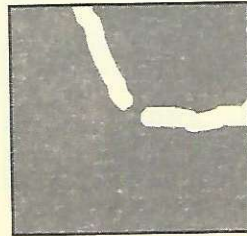
e) Proximidad a pozos y manantiales



f) Proximidad a zonas agrícolas



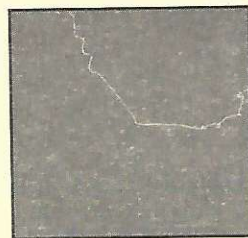
g) Líneas de conducción eléctrica



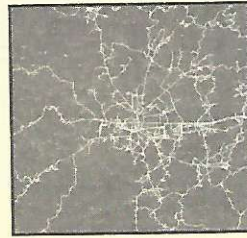
h) Proximidad a poliductos



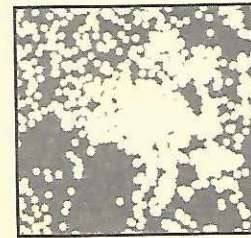
i) Redes telefónicas y telegráficas



j) Proximidad a vías de ferrocarril



k) Proximidad a carreteras



l) Proximidad a localidades



■ Sin restricción

Fuente: elaboración propia

esta cobertura requiere un Modelo Digital del Terreno muy preciso e implica la aplicación de un modelo de análisis ciertamente complejo.

d. Estabilidad del terreno. Dentro de los principales criterios de estabilidad que se apuntan en las normativas analizadas podemos mencionar: la sismicidad, la pendiente y el riesgo de deslizamientos.

Sismicidad: La norma de 1993 establece que todo confinamiento controlado debe ubicarse en zona asísmica o con un riesgo sísmico mínimo. Dado que esta condición difícilmente se cumple en buena parte del territorio nacional, se consideró pertinente aplicar el criterio estadounidense de definir zonas de restricción de 8 km a partir de los epicentros sísmicos [Hoffmann, *et al.*, 1993: 161] (gráfica lh).

Pendiente: De acuerdo con la norma de 1993, todo confinamiento debe localizarse en terrenos cuya pendiente sea de entre 5% y 30% (gráfica lb). Este criterio, sin embargo, no ha sido considerado en la propuesta normativa de 1996.

e. Proximidad a las áreas naturales protegidas. Los confinamientos controlados deben ubicarse fuera de las zonas incluidas en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas. La normativa de 1996 va más allá y extiende la zona restrictiva 2,500 m a partir del límite de dichas áreas. Para efectos de la aplicación de la normativa se consideraron los parques nacionales Nevado de Toluca, Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla y los parques estatales Zempoala-La Bufa "Otomí-Mazahua", Nahuatlaca-Matlatzinca y Laguna de Chignahuapan (gráfica ld). A partir de esta cobertura ha sido posible definir la zona de influencia de 2,500 m (gráfica lla).

f. Protección a las zonas agrícolas. En la propuesta de 1996 se considera una zona restrictiva de 2,500 m a partir de cualquier zona de cultivo, presumiblemente con la intención de proteger las actividades productivas en el campo mexicano (gráfica llf).

Es importante destacar que, en términos generales, la propuesta de norma de 1996 in-

cluye una mayor variedad de aspectos restrictivos, sobre todo los relacionados con las actividades socioeconómicas (v.g. las restricciones referentes a las zonas de cultivo o la infraestructura). La norma de 1993, por su parte, llega a ser mucho más específica al establecer algunas restricciones ambientales (v.g. las restricciones hidrogeológicas).

2.2. Procedimiento de evaluación

Partiendo de la inquietud por determinar la aplicabilidad de la normativa mexicana en materia de localización de instalaciones para la gestión de residuos peligrosos, se planteó la posibilidad de su aplicación al caso de valle de Toluca que, en buena medida, resulta representativo de las condiciones ambientales y socioeconómicas en el centro del país.

La normativa mexicana define un conjunto de restricciones absolutas para el confinamiento de los residuos peligrosos. Estas restriccio-

nes pueden expresarse, dentro de un Sistema de Información Geográfica (SIG), como un conjunto de mapas o coberturas binarias. Las series de gráficas I y II muestran algunas restricciones derivadas de las normas de 1993 y 1996 respectivamente. Estas restricciones pudieron extraerse a partir de diversas fuentes de información cartográfica.

Una vez definidos los criterios restrictivos que podían ser considerados, fue posible determinar la viabilidad de la aplicación estricta de las normas oficiales mexicanas. En los cuadros 3 y 4 se enlistan los mapas de restricción que pudieron generarse y que corresponden a la norma de 1993 y a la propuesta de 1996 respectivamente.

En estos mapas las áreas restringidas reciben un valor de 'cero' y las áreas sin restricción, un valor de 'uno'. De esta manera, resulta muy sencillo aplicar un procedimiento de sobreposición multiplicativa mediante el uso de algún *software* de Sistema de Información Geográfica

CUADRO 3
RESTRICCIONES CONSIDERADAS EN LA NORMA 055 DE 1993

Criterio	Restricción de proximidad	Mapa
Permeabilidad	Aluvión, calizas, S. lacustres y basaltos	GEOL_093
Pendiente	Menor a 5% y mayor a 30%	PEND_093
Erosión	Zonas con fuerte erosión	EROS_093
Áreas protegidas	Zona dentro del área	AREA_093
Ríos y embalses permanentes	500 m	RIOS_093
Altura a ríos permanentes	20 m	ALTR_093
Arroyos y embalses intermitentes	500 m	ARRO_093
Episcentros	8,000 m	EPIC_093
Pozos y manantiales	350 m	POZO_093
Carreteras	500 m	VIAS_093
Localidades entre 5,000 y 10,000 habitantes	15,000 m	PO05_093
Localidades mayores a 10,000 hab.	25,000 m	PO10_093

Fuente: elaboración propia

CUADRO 4
RESTRICCIONES CONSIDERADAS EN LA PROPUESTA DE NORMA DE 1996

criterio	Restricción de proximidad	Mapa
Permeabilidad	Aluvión, Calizas, S ^l lacustres y Basaltos	GEOL_093
Áreas protegidas	2,500 metros	AREA_096
Ríos y embalses permanentes	1,000 m	AGPE_096
Arroyos y embalses intermitentes	200 m	AGIN_096
Acueductos	500 m	ACUE_096
Pozos y manantiales	500 m	POZO_096
Zonas agrícolas	2,500 m	AGRI_096
Líneas eléctricas	100 m	ELEC_096
Oleoductos y poliductos	2,500 m	DUCT_096
Redes telefónicas y telegráficas	100 m	CO MU_096
Carreteras	100 m	VIAS_096
Vías de ferrocarril	100 m	TREN_096
Localidades	5,000 m	POBL_096

Fuente: elaboración propia

(gráfica III). La imagen resultante de esta superposición presentará, con un valor unitario, las zonas libres de toda restricción legal para la localización del confinamiento.

La aplicación del procedimiento anteriormente descrito nos permitió, en una primera instancia, confirmar los problemas relacionados con la resolución espacial. En efecto, tal y como se ha demostrado en diversas investigaciones, las características de la información disponible condicionan, en buena medida, el nivel de detalle que es posible alcanzar en el análisis y, por consiguiente, en los resultados obtenidos. Así, a partir de la aplicación de los criterios restrictivos de la norma vigente, es decir, la de 1993, la imagen resultante presentó únicamente 49 píxeles (12.25 hectáreas [Ha]), sin restricción alguna para la instalación del confinamiento, dispersos hacia la parte suroeste del valle de Toluca (muy próximos al Parque Nacional Nevado de Toluca). Esto se debe fundamentalmente al carácter altamente restrictivo de la litología y de la proxi-

midad a centros urbanos, escurrimientos y cuerpos de agua. En lo que respecta a la aplicación de la propuesta de 1996, se obtuvo una imagen con tan sólo tres píxeles (0.75 Ha) libres de toda restricción normativa. En este caso, los criterios que más fuertemente limitan la localización son la litología y la presencia de extensas zonas agrícolas.

2.3. Principales problemas detectados

Independientemente de la discutible utilidad de los resultados obtenidos, el ejercicio de aplicación aquí descrito ha permitido poner de manifiesto importantes problemas relacionados con la aplicación de la normativa mexicana: 1) no se cuenta en nuestro país con la información, lo suficientemente actualizada y detallada, como para poder caracterizar todos los criterios estipulados en la normativa vigente; 2) no se consideran diversos criterios para evaluar la eficiencia y equidad espacial, y 3) no permite caracterizar el

GRÁFICA III

PROCEDIMIENTO PARA LA SOBREPOSICIÓN MULTIPLICATIVA DE LAS COBERTURAS DE RESTRICCIÓN

NOM-055-ECOL-1993

GEOL_093
PEND_093
EROS_093
AREA_093
RIOS_093
ALTR_093
ARRO_093
EPIC_093
POZO_093
VIAS_093
PO05_093
PO10_093

ZONA_093

ZONAS SIN
RESTRICCIÓN
LEGAL

MCE
12 Restricciones
0 Factores

NOM-055-ECOL-1996

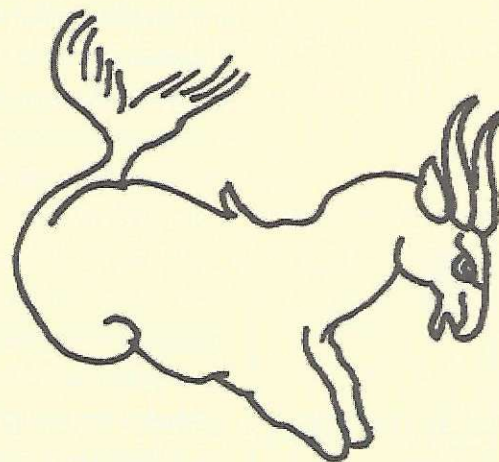
GEOL_093
AREA_096
AGPE_096
AGIN_096
ACUE_096
POZO_096
AGRI_096
ELEC_096
DUCT_096
COMU_096
VIAS_096
TREN_096
POBL_096

ZONA_096

ZONAS SIN
RESTRICCIÓN
LEGAL

MCE
13 Restricciones
0 Factores

Fuente: elaboración propia



territorio en función de un nivel de adecuación, lo que resultaría de gran utilidad para orientar el proceso de toma de decisiones.

1) Carencia de información. Resulta muy difícil de aplicar la normativa mexicana dado que las importantes carencias de información geográfica en nuestro país no permiten caracterizar correctamente algunos de los criterios. Como ejemplo podemos citar:

Conexión al acuífero: Es muy difícil conocer, para todo el territorio nacional, la distribución y características de los acuíferos, así como las características detalladas del subsuelo. Aplicar la normativa, por lo tanto, implicaría la realización de estudios geohidrológicos ciertamente costosos.

Zonas de inundación: La legislación mexicana establece que el confinamiento debe localizarse fuera de llanuras de inundación con un periodo de retorno de 100 años. Sin embargo, no se cuenta con información meteorológica lo suficientemente detallada que permita determinar este criterio.

En algunos casos la carencia de información puede subsanarse, en cierta medida, mediante la aplicación de algún procedimiento específico. Así, por ejemplo, la permeabilidad del subsuelo puede deducirse a partir de la litología. En otras ocasiones, sin embargo, la caracterización de algunos criterios resulta muy difícil.

Asimismo es preciso señalar que, aunado a las carencias absolutas de información, existen importantes deficiencias en la información disponible. Como hemos podido confirmar, la aplicación de la normativa mexicana requeriría la realización de estudios con mayor detalle; sin embargo, ante las serias carencias de información actualizada y confiable, no es posible ir más allá en los procedimientos de análisis. Si bien estas deficiencias de información podrían subsanarse mediante levantamientos específicos, esto resultaría prácticamente inviable para estudios de gran cobertura territorial.

2) Carencia de criterios que permitan consi-

derar la eficiencia y equidad espacial. La localización de un confinamiento de residuos peligrosos implica considerar las diversas interacciones que ocurren entre:

- La instalación no deseable localizada en un sitio específico del territorio
- Los sitios generadores de residuos, dispersos de forma irregular en el territorio
- La población distribuida irregularmente en el territorio
- El transporte de los residuos a lo largo del sistema regional de comunicaciones

La interacción de estos aspectos conduce, necesariamente, a plantear la necesidad de evaluar el territorio en función de la eficiencia y la equidad espacial en la localización y transporte de los residuos.

La **eficiencia espacial** se refiere al "volumen global de desplazamientos que el conjunto de la demanda debe efectuar para utilizar las instalaciones" [Bosque, 1997: 227]. Determinar la eficiencia implica medir el coste, en tiempos de recorrido o distancias, que interviene en la utilización del servicio. En el caso de instalaciones no deseables, la eficiencia depende de dos tipos de distancias: la que separa a la instalación de los productores y que incide en el coste de transporte de los residuos, y la distancia a la población, que puede verse afectada tanto por la instalación misma como por la ruta de transporte utilizada [Bosque y Franco, 1995].

La **equidad espacial** se refiere al grado de distribución de las externalidades positivas o negativas que produce una instalación sobre la población. En lo que respecta a la localización de instalaciones no deseables, la equidad espacial se expresa como "el grado en que la población de una región determinada comparte los riesgos y molestias derivados de la disposición final y el transporte de los residuos" [Bosque y Franco, 1995: 100]. De acuerdo con Erkut [1993], la equidad es un concepto sociopolítico abstracto que implica justicia y que difiere del concepto meramente matemático de igual-



dad. La búsqueda de la equidad espacial en la localización de instalaciones no deseables resulta un problema de difícil solución. Muchos investigadores han optado por el credo de 'entre más lejos mejor', de esta manera se busca que la localización sea lo más justa posible al afectar al menor número de habitantes de la región. Este supuesto, sin embargo, lleva intrínseco un fuerte sentido de desigualdad, dado que un pequeño grupo de población tenderá a cargar con los efectos negativos de una gran instalación que sirve a un centro de actividad económica muy distante y del cual recibe muy pocos o ningún beneficio. Wyman y Kuby [1995] sostienen que la equidad debe buscarse en función de reducir los efectos negativos de las instalaciones (vía la selección de tecnologías más limpias y de menor escala), aumentar el número de instalaciones y buscar su mayor dispersión en el territorio. De esta manera no solamente se minimizan los efectos negativos sino que se comparten por toda la población y, en mayor medida, por quienes más se benefician de la actividad que generan los residuos.

Evidentemente, la localización de un confinamiento de residuos debe considerar los efectos derivados del transporte de los residuos a lo largo de una red e implica evaluar las rutas alternativas entre los sitios candidatos y los sitios productores de materiales peligrosos. Esta evaluación debe retomar los conceptos de eficiencia y equidad espacial para determinar las rutas prácticas (de menor coste) y las rutas menos peligrosas (que imponen el menor riesgo a la mayor población posible) [Bosque y Franco, 1995].

Como es posible observar, el problema resulta mucho más complejo de lo que permite suponer la mera aplicación de una normativa. Así, evaluar el territorio en función de la eficiencia espacial requeriría considerar el costo económico y social que se deriva de la gestión de los residuos. Para ello es necesario analizar aspectos como la proximidad a la población o el tipo de vías por donde se transportarán los

residuos. Evaluar la equidad, por su parte, requeriría considerar diversos aspectos relacionados con el riesgo. Para eso deben evaluarse aspectos como la probabilidad de accidentes y sus consecuencias potenciales.

3) La normativa como instrumento para la toma de decisiones. Uno de los aspectos que limitan en buena medida los alcances de la normativa mexicana es que no contribuye de forma significativa al proceso de toma de decisiones. Como es posible observar, el resultado de la aplicación estricta de la normativa permite determinar zonas libres de toda restricción para la localización de un confinamiento de residuos. El problema se presenta en el momento en que es necesario seleccionar, dentro de un conjunto de alternativas viables de localización, aquella o aquellas que resulten más adecuadas para el fin propuesto.

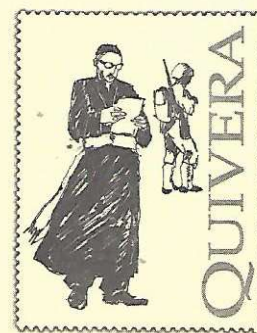
Desde este punto de vista, parecería más razonable plantear una normativa que, además de establecer un conjunto de restricciones absolutas, permitiera definir la capacidad de acogida del territorio, entendida ésta como

"el grado de idoneidad que presenta el territorio para una actividad, teniendo en cuenta a la vez, la medida en que el medio cubre sus requisitos locacionales y los efectos de dicha actividad sobre el medio" [Barredo, 1996:109].

Dicho en otras palabras, el proceso de selección de un sitio determinado para la localización de un confinamiento sería mucho más racional en la medida en que el tomador de decisiones contara con la lista de sitios candidatos, libres de toda restricción, debidamente categorizados en función de su capacidad de acogida.

3. Comentarios finales

El planteamiento fundamental del presente trabajo es que toda política que implique la construcción de instalaciones para la gestión de residuos peligrosos debe partir, indefectiblemente,



te, de un buen marco regulador que permita determinar, con el mayor detalle posible, las zonas más adecuadas para localizar este tipo de instalaciones. La revisión de la normativa vigente, sin embargo, ha permitido corroborar algunas deficiencias que, en el mejor de los casos, limitan su aplicabilidad y condicionan sus alcances.

Nuestro ejercicio ha permitido confirmar la urgente necesidad de retomar los objetivos del *Programa para la minimización y manejo inte-*

gral de residuos industriales peligrosos en México, 1996-2000, sobre todo en lo referente a la revisión y actualización de la norma NOM-055-ECOL-1993. Evidentemente, es necesario otorgar un mayor nivel de protección a los recursos hidrológicos e incluir consideraciones eficientes de riesgo. Dicha revisión, sin embargo, debe considerar muchos otros aspectos relacionados con la equidad y la eficiencia espacial derivados de la localización y transporte de los residuos.

BIBLIOGRAFÍA

- BARREDO, C. J., 1996, *Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la ordenación del territorio*, Madrid, RA-MA.
- BOSQUE, S. J., 1997, *Sistemas de información geográfica*, Madrid, Rialp Editoresa, 2ª edn.
- BOSQUE, S. J. Y M. S. FRANCO, 1995, "Modelos de Localización-Asignación y Evaluación Multicriterio para la localización de instalaciones no deseables", en *Serie Geográfica*, núm. 5, Departamento de Geografía, Alcalá de Henares, Universidad de Alcalá, pp. 97-112.
- ERKUT, E., 1993, "Inequality Measures for Location Problems", *Location Science*, núm.1, pp. 199-217.
- HOFFMANN, A., I. KREIMER Y L. NICHOLS, 1993, "Normatividad de México, Estados Unidos y Alemania sobre sitios destinados al confinamiento de residuos peligrosos", en C. Cortinas de Nava y G. Vega (comps.), *Residuos peligrosos en el mundo y en México*, Sedesol, México, Instituto Nacional de Ecología.
- SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN (SG), 1993, "Norma Oficial Mexicana NOM-CRP-004-ECOL/1993 que establece los requisitos que deberán reunir los sitios destinados al Confinamiento Controlado de Residuos Peligrosos, excepto de los radiactivos", en el *Diario Oficial de la Federación* (22/10/1993), México, Poder Ejecutivo Federal.
- SG, 1996, "Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-055-ECOL/1996 que establece los requisitos que deben reunir los sitios que se destinarán para un confinamiento controlado y a la instalación de centros integrales para el manejo de residuos industriales peligrosos", en el *Diario Oficial de la Federación* (11/11/1996), México, Poder Ejecutivo Federal.
- SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA (SEMARNAP), 1996, *Programa para la Minimización y Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos en México 1996-2000*, México.
- WYMAN, M. M. Y M. KUBY, 1995, "Proactive Optimization of Toxic Waste Transportation, Location and Technology", *Location Science*, vol. 3, núm. 3, pp. 167-185.

