

IDENTIFICACIÓN DE SITIOS PARA EL EMPLAZAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA INDUSTRIAL DE ALTA PELIGROSIDAD EN BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

SITE IDENTIFICATION FOR THE LOCATION OF INDUSTRIAL HAZARDOUS
INFRASTRUCTURE IN BAJA CALIFORNIA, MEXICO

Fecha de recepción: 26 de marzo de 2008 / **Fecha de aprobación:** 16 de julio de 2008

Judith Ley García

Resumen

Este documento explora un modelo de evaluación del territorio para el planeamiento de infraestructura industrial peligrosa en las regiones donde se promueven políticas de industrialización. Este trabajo tuvo como objetivo identificar sitios potenciales para el emplazamiento de un confinamiento controlado de residuos peligrosos en el estado de Baja California. La identificación de los sitios potenciales se realizó en dos etapas, ambas con apoyo de un sistema de información geográfica de escala regional. En una primera etapa se obtuvieron las zonas de menor riesgo, evaluando la fragilidad del territorio ante los fenómenos naturales y la exposición al peligro químico de diversos receptores. En una segunda etapa fueron ponderadas las zonas resultantes a partir de los criterios de los personajes involucrados. Como producto de este procedimiento se obtuvieron 67 sitios potenciales, cada uno de ellos con ciertas condicionantes para la implementación de infraestructura.

Palabras clave: sistemas de información geográfica, residuos peligrosos, manejo de residuos, industria, impacto ambiental, riesgo ambiental.

Abstract

This paper explores a land evaluation model for industrial hazardous infrastructure planning at regions where industrialization is promoted. This work had as objective to identify potential places for the location of a hazardous waste landfill in the state of Baja California. The identification of the potential places was carried out in two stages, both of them with the support of a regional scale Geographical Information System. In a first stage, minor risk areas were obtained by evaluating land fragility to natural phenomena and the exposition of several receptors to chemical hazard. In a second stage the resulting areas were pondered using the criteria of the involved actors. Product of this procedure, 67 potential places were obtained, each of them with certain conditions for infrastructure implementation.

Key words: Geographical information systems, hazardous waste, waste management, industry, environmental impact, environmental risk.

1. Introducción

Debido a la política nacional de impulso al sector industrial y a partir del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, se inicia en México un proceso de apertura al exterior que provoca un auge en las exportaciones, fomentando con ello la relocalización de la industria global y nacional. La frontera norte del país se convirtió en un punto estratégico para el emplazamiento de industria maquiladora y nacional [1] y, con ello, en un espacio potencialmente concentrador de residuos industriales peligrosos.

Los residuos industriales se consideran peligrosos por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables y biológico-infecciosas [2] que se traducen en riesgo a la salud de la población y del ambiente, por lo que el manejo adecuado de estos se torna en un tema ambiental prioritario.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAP) [1], la industria manufacturera es responsable del 83% de los residuos peligrosos que se generan en México. Esta actividad ha incrementado la demanda de infraestructura para el manejo adecuado de los subproductos que genera.

Sin embargo, el crecimiento industrial no ha sido complementado con la diversificación de opciones de manejo de residuos (reuso, reciclaje, incineración, tratamiento, centros integrales y confinamiento), llevándose a cabo una baja promoción de infraestructura e incluso el cierre de la escasa existente. En México, desde 1993 se cuenta con un solo confinamiento controlado de residuos peligrosos de tipo público ubicado en el estado de Nuevo León que brinda servicio a los generadores nacionales. En el año 2007 inició operaciones un segundo confinamiento ubicado en el estado de Coahuila [3].

La implementación de este tipo de infraestructura se ha caracterizado por detonar un conflicto de intereses entre los diferentes personajes involucrados (autoridades, inversionistas, población, etc.) donde el sitio seleccionado para el emplazamiento de la actividad es el elemento principal de discordia [4] [5].

Pese a lo anterior, en México, el inversionista o promotor privado es el encargado de seleccionar el sitio donde se emplazará el confinamiento y posteriormente se llevan a cabo los estudios (de impacto y riesgo ambiental) requeridos por las autoridades para la aprobación de la actividad. Este procedimiento de selección del sitio, basado en las necesidades e intereses del promotor de la infraestructura, se traduce en el análisis físico puntual de un sitio cualquiera y no forzosamente constituye la opción de menor riesgo ambiental, ni la más aceptable para la comunidad [6].

Bajo esta premisa, es de importancia en este trabajo abordar la identificación de sitios potenciales para el emplazamiento de un confinamiento de residuos industriales peligrosos en el estado de Baja California, considerando las que representan un menor riesgo ambiental y una mayor aceptabilidad de las diferentes opciones disponibles. Para ello fue necesario evaluar la “aptitud” del territorio respecto a esta actividad e integrar los criterios de “aceptabilidad” señalados por los diferentes personajes involucrados.

2. Metodología

McHarg [7] sugiere que existen características inherentes a los sitios que componen una región que permiten determinarlos como aptos o preferentes para el desarrollo de ciertas actividades. En el presente estudio, resulta inadecuado aludir a que el territorio posee características que lo hacen apto para albergar actividades peligrosas. Sin embargo, con base en las características de los sitios, es posible identificar aquellas zonas que representan un menor riesgo ambiental.

Las zonas de menor riesgo se relacionan con dos categorías principales: la resistencia que presentan ante los fenómenos naturales del lugar y la distancia que guardan con ciertos receptores o afectados potenciales por el emplazamiento de la actividad peligrosa.

El método de McHarg propone la evaluación del territorio a partir de criterios preferentes relacionados con la actividad propuesta. Para ello se requiere la elaboración de mapas donde se asigna un valor a cada una de las características del territorio. La superposición de los mapas valorados

permite identificar aquellas zonas de mayor puntuación para la actividad de interés, es decir, las zonas más aptas o de mayor aptitud.

En el caso de infraestructura industrial altamente peligrosa, la Norma Oficial Mexicana NOM-055-SEMARNAT-2003 [8] establece los requisitos que deben reunir los sitios que se destinarán para un confinamiento controlado de residuos peligrosos. El cumplimiento con los requisitos que establece la normatividad, sin embargo, no es completamente obligatorio en la definición de la aptitud de las zonas, puesto que en esta norma se

especifica que ciertas condicionantes pueden ser reemplazadas mediante la aplicación de tecnología o ingeniería.

El procedimiento propuesto en este trabajo para abordar la evaluación de los sitios se muestra en la figura 1. El primer paso consiste en la elaboración de mapas de las diferentes variables del territorio consideradas en la normatividad (véase tabla 1) para conformar, a partir de ellas, un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permita la consulta y superposición temática.

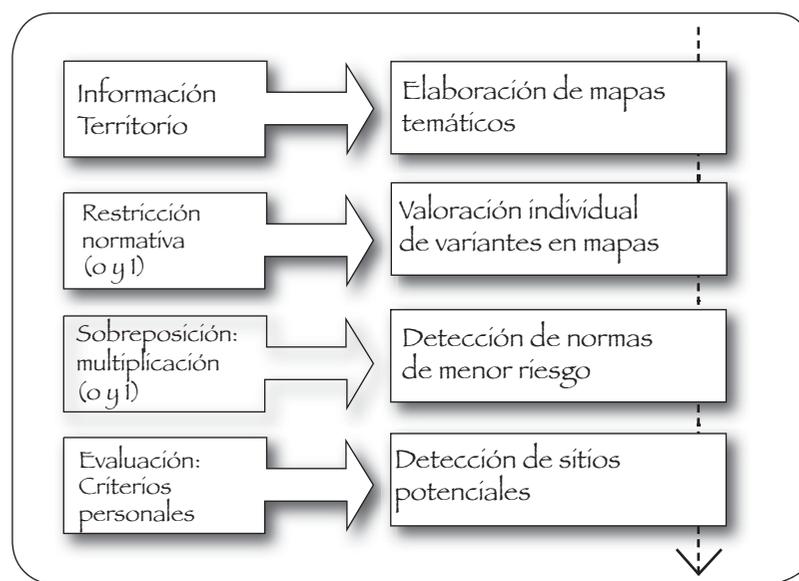


Figura 1. Procedimiento de evaluación de sitios.

Algunos estudios muestran formas de evaluación complejas donde se generan índices de sensibilidad por variable [9], ponderando cada característica del territorio con valores entre cero y uno, para después realizar operaciones estadísticas y matemáticas diversas entre las capas de información.

El presente estudio considera que la tecnología no es sinónimo de aptitud o semi-aptitud territorial, por lo que todas aquellas zonas que poseen al menos una restricción han sido consideradas “no-aptas” o “en riesgo”. En la calificación de las variables territoriales se utilizaron sólo dos valores: 0 y 1, donde “cero” es asignado, en cada uno de los mapas, a la porción del territorio que se encuentra restringido y “uno” a todo aquello que carece de restricción.

La detección de zonas de menor riesgo se resolvió por medio de la superposición multiplicativa de los temas o capas. De esta manera, cualquier porción del territorio que posee al menos una restricción resulta con valor final de cero, mientras que aquellas con valor final de uno carecen de restricción alguna. En el procesamiento de los datos se utilizó el programa Idrisi-32, *software* que permitió la superposición multiplicativa de las variables a través de su módulo *Overlay* [10], para obtener como resultado un mapa de zonas con valor final “uno” denominado zonas de menor riesgo.

Entre los personajes involucrados en el proceso de selección de sitios, Morell y Magorian [11] identifican:

- a) Las dependencias con responsabilidad en el proceso de selección de sitios.
- b) El inversionista o promotor de la infraestructura (generalmente es una firma en la industria del manejo de los residuos).
- c) Los futuros usuarios de la infraestructura, principalmente generadores de residuos.
- d) La comunidad en la que se propone el sitio.
- e) Grupos de interés ambiental y público.

En la identificación de los sitios potenciales se procedió a la evaluación de las zonas de menor riesgo a partir de los criterios sugeridos por los personajes involucrados o de interés en Baja California, quienes fueron entrevistados para este fin. Para obtener los sitios potenciales se utilizó el módulo de Evaluación Multicriterio de Idrisi-32 MCE [10].

Tabla 1. Variables del territorio consideradas en la normatividad.

Especificaciones para obtener las zonas potenciales	Restricción normativa [8]	Otros ordenamientos
I. Elementos de riesgo natural		
I.1. Hidrometeorológicos		
I.1.1. Zonas inundables	R	
I.1.2. Zonas de pantanos, marismas y humedales	R	
I.1.3. Viento dominante		No afecte
I.2. Geológicos		
I.2.1. Taludes inestables	R	
I.2.2. Fallas	R	500 m
2. Receptores del riesgo químico		
2.1 Recursos naturales		
2.1.1. Áreas naturales protegidas	R	
2.1.2. Acuíferos	R	
2.1.3. Fuentes de abastecimiento de agua	1 000 m	500 m
2.1.4. Cuerpos y corrientes de agua permanentes	1 000 m	
2.1.5. Cuerpos y corrientes de agua intermitente		200 m
2.1.6. Zonas de cultivo	R	
2.2. Poblaciones		
2.2.1. Concentraciones urbanas		5 000 m
2.2.2. Poblaciones rurales hasta 1000 habitantes		5 000 m
2.3. Obra civil		
2.3.1. Autopistas y caminos primarios	100 m	
2.3.2. Vías del ferrocarril	100 m	
2.3.3. Red eléctrica	100 m	
2.3.4. Gasoductos, oleoductos, poliductos	500 m	2 500 m
2.3.5. Red de comunicación	100 m	
2.3.6. Patrimonio histórico	1 000 m	No afecte
2.3.7. Acueductos y canales	500 m	
2.3.8. Aeropuertos, puertos, equipamiento	1 000 m	
2.3.9. Actividades altamente peligrosas	2 000 m	

Continúa

Especificaciones para obtener las zonas potenciales	Restricción normativa [8]	Otros ordenamientos
1. Elementos de Riesgo Natural		
1.1. Hidrometeorológicos		
1.1.1. Zonas Inundables	R	
1.1.2. Zonas de Pantanos, marismas y humedales	R	
1.1.3. Viento dominante		No afecte
1.2. Geológicos		
1.2.1. Taludes inestables	R	
1.2.2. Fallas	R	500 m
2. Receptores del Riesgo Químico		
2.1 Recursos Naturales		
2.1.1. Áreas naturales protegidas	R	
2.1.2. Acuíferos	R	
2.1.3. Fuentes de abastecimiento de agua	1000m	500m
2.1.4. Cuerpos y corrientes de agua permanentes	1000m	
2.1.5. Cuerpos y corrientes de agua intermitente		200m
2.1.6. Zonas de cultivo	R	
2.2. Poblaciones		
2.2.1. Concentraciones urbanas		5000m
2.2.2. Poblaciones rurales hasta 1 000 habitantes		5000m
2.3. Obra civil		
2.3.1. Autopistas y caminos primarios	100m	
2.3.2. Vías del ferrocarril	100m	
2.3.3. Red eléctrica	100m	
2.3.4. Gasoductos, oleoductos, poliductos	500m	2500m
2.3.5. Red de comunicación	100m	
2.3.6. Patrimonio histórico	1000m	No afecte
2.3.7. Acueductos y canales	500m	
2.3.8. Aeropuertos, puertos, equipamiento	1000m	
2.3.9. Actividades altamente peligrosas	2000m	

3. Caso de estudio

El área de estudio se ubica entre las coordenadas geográficas 31°21'52.122" latitud norte, 114°23'33.2642" longitud oeste y 29°56'12.5727" latitud norte con 117°14'59.4308" de longitud oeste. El área comprende la porción norte del Estado de Baja California (con aproximadamente el 64% de su superficie) y fue seleccionada considerando que las ciudades del estado están comprendidas en esta extensión, especialmente las grandes generadoras de residuos peligrosos (Tijuana y Mexicali).

El área de estudio colinda al norte con Estados Unidos de América en una extensión de 256 km, colinda al sur con el resto del Estado de Baja California –y del municipio de Ensenada–. Al oriente y poniente colinda con el Golfo de California y el Océano Pacífico respectivamente (véase figura 2).

3.1. Construcción del SIG para la evaluación del territorio

Para la construcción del SIG que permitiera la evaluación del área de estudio en el *software* seleccionado, se obtuvo la información disponible

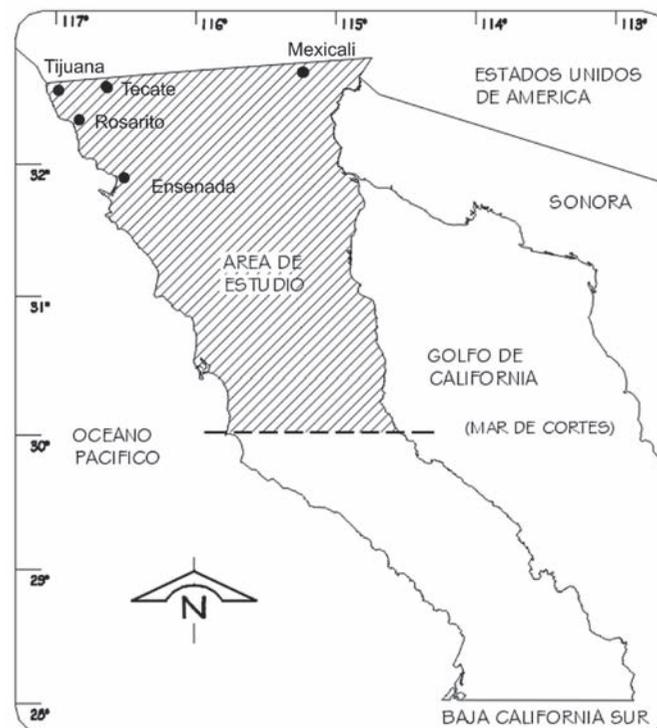


Figura 2. Localización del área de estudio

sobre las variables del territorio de las siguientes fuentes:

- Cartas temáticas del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) 1:250,000 (entre ellas: topográfica, geológica, edafológica, hidrología de aguas superficiales y subterráneas, de efectos climáticos regionales, usos de suelo y vegetación).
- Atlas vectorial de Baja California de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas del Estado (SAHOPE).
- Extractor rápido de información climatológica del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), versión 1.
- Modelos de Elevación de Terreno de INEGI.
- Mapas, croquis y planos proporcionados por diversas dependencias o por bibliografía especializada.

Puesto que gran parte de la información se encontraba disponible en formato impreso o vectorial, para integrar las capas del SIG en la proyección y el formato requeridos (geográfica y raster respectivamente), se llevó a cabo la digitalización de la

información (cartas temáticas y mapas impresos), su conversión a formato raster y georreferenciación. Para la información disponible en formato vectorial (atlas vectorial) se requirió su conversión a raster y el cambio de la proyección original a geográfica (latitud-longitud).

3.1. Identificación de zonas de menor Riesgo: evaluación con criterios normativos

Una vez integrado el sistema con las variables y capas de interés, se procedió a la valoración de cada mapa mediante la detección de las zonas restringidas en los diferentes temas y la asignación de valor de cero a las mismas y de uno al resto de la superficie.

La conformación de las dos categorías principales en la caracterización de los sitios se presenta en la figura 3, donde la superposición de las variables fue conformando las principales temáticas consideradas en la normatividad. Los elementos de “riesgo natural” son aquellas zonas frágiles ante los fenómenos hidrometeorológicos y geológicos del lugar, mientras que los “receptores del riesgo químico” son todos aquellos recursos naturales,

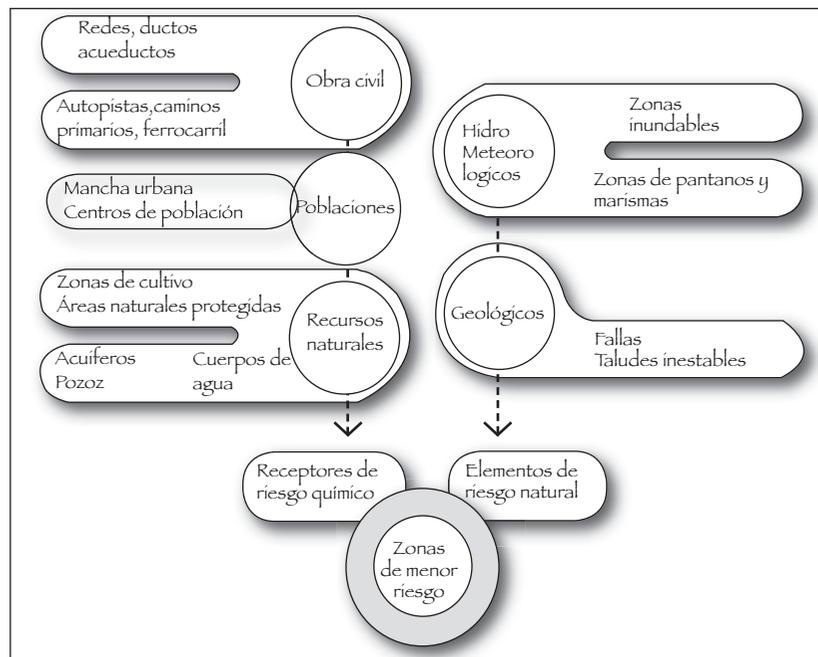


Figura 3. Superposición temática en la detección de zonas de menor riesgo.

obra civil y poblaciones que deben ser considerados para efectos de protección.

Como resultado de la superposición multiplicativa de los mapas valorados se obtuvieron las zonas de menor riesgo respecto a las categorías *riesgo natural* y *receptores*. Estas zonas se muestran en la figura 4 (color naranja) y, como puede observarse, se distribuyen principalmente en la mitad sur del área de estudio y de manera dispersa en la porción norte, pese a que en esta última se encuentran las ciudades generadoras de residuos industriales peligrosos (polígonos en color rojo) y las principales conexiones carreteras y de autopistas (líneas de color rojo y azul).

Las zonas de menor riesgo representan aproximadamente el 28% de la superficie del área de estudio. En ellas, cualquier sitio es susceptible de albergar infraestructura industrial peligrosa, al cumplir cabalmente con los requerimientos normativos.

3.3. Identificación de sitios potenciales: evaluación con criterios de personajes

Por medio de la aplicación de entrevistas a los grupos involucrados en la selección de sitios, según

el modelo propuesto, fue posible identificar diferentes criterios que permitieron reevaluar las zonas resultantes.

Las dependencias encargadas de asuntos ambientales (federales, estatales y municipales) coincidieron en que los criterios de evaluación deberían ser los indicados en la Norma Oficial Mexicana NOM-055-SEMARNAT-2003. Esta norma define los criterios que deben cumplir los sitios para el confinamiento de residuos peligrosos y fue aplicada en la evaluación documentada en la sección anterior.

Las organizaciones no gubernamentales (ONG) enfocadas en las cuestiones ambientales o ecológicas aportaron como criterio de selección la aplicación de la normatividad existente y algunas de ellas hicieron hincapié en la necesidad de considerar las normas oficiales previas a la NOM-055-SEMARNAT-2003, porque eran más estrictas en las distancias de seguridad establecidas respecto a la población (NOM-055-ECOL-93 y NOM-055-ECOL-1996).

Las empresas de soporte (empresas de servicio de transporte y recolección de residuos, tratamiento y confinamiento) consideraron como el criterio más importante la distancia generador-infraestructura, ya que un recorrido de más de 8 horas

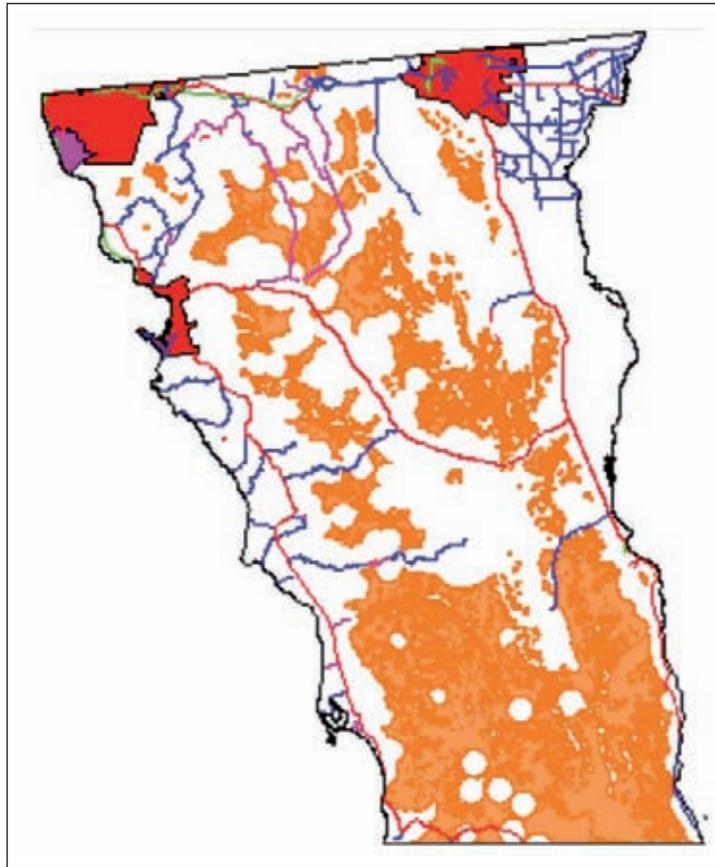


Figura 4. Zonas de menor riesgo.

o 1000 kilómetros incrementa considerablemente sus costos de operación. Un criterio adicional es la accesibilidad (vial) de los sitios.

Para los inversionistas no existe una condicionante en la selección de los sitios que influya de manera relevante en la inversión siempre y cuando se cumpla con la normatividad existente, sin embargo, prefieren los sitios donde la aceptabilidad por parte de los grupos sociales y ambientales es mayor, y requieren de sitios con superficie mayor a 50 hectáreas para que la inversión sea recuperable.

Los grupos de atención a emergencias (bomberos y protección civil), establecen que el criterio más importante es la distancia respecto a las poblaciones. Lo anterior debido a que una mayor distancia infraestructura-población les brinda mayores posibilidades de evacuar a la población y de brindar una atención oportuna en caso de emergencia.

En la tabla 2 se muestran los criterios obtenidos en las entrevistas a personajes involucrados. Algunos de estos criterios pueden ser resueltos es-

pecialmente a partir de la aplicación de modelos de distancias mínimas y máximas como sugiere Franco Maas [11]. Mientras que otros criterios requieren de una estrategia de evaluación distinta, por ejemplo, para considerar la “no-afectación por viento” (criterio 2.1 en la tabla 2), es necesario realizar la modelación específica del viento (dirección e intensidad) en los sitios, observando hacia dónde y qué tanto pueden desplazarse los contaminantes (plumas de dispersión) y qué asentamientos humanos pueden ser alcanzados por estos. Respecto a la aceptabilidad de grupos sociales y ambientales (criterio 7 en la tabla 2), cabe señalar que si bien este ejercicio de evaluación identifica e incorpora los criterios que fueron sugeridos por estos grupos no garantiza la aceptabilidad final de la infraestructura, ni la respuesta social favorable a su localización en algún sitio, por lo que será necesario incluir a estos grupos y sus preferencias en las siguientes fases del proceso de toma de decisión.

Tabla 2. Criterios obtenidos de los personajes involucrados.

Preferencias	Condicionante
1. Cumplimiento con la NOM-055-SEMARNAT-2003	Aplicada previamente
2. Cumplimiento con normas anteriores	
2.1. No afectación por vientos	Modelación específica
2.2. Afectación a habitantes en radios de 15 y 25 km	Mínima población en 15 y 25 km
3. Distancia generador-infraestructura	1 000 km, 8hr máximo
4. Distancia a las poblaciones-infraestructura	Máxima distancia posible
5. Accesibilidad: proximidad a redes viales	Mínima distancia posible
6. Superficie	50 has mínimo
7. Aceptabilidad de grupos sociales y ambientales	Monitoreo constante de la aceptabilidad e inclusión de los grupos en todo el proceso

El resultado de la evaluación de las zonas de menor riesgo a partir de criterios de personajes se muestra en la figura 5. En color negro se observan las zonas “restringidas” por la normatividad y por lo tanto, excluidas de la evaluación final. Las zonas de color más claro obtuvieron mayor puntuación y, como puede observarse, se localizan en la parte norte del área de estudio.

Para la obtención de los sitios potenciales se realizó una clasificación del mapa resultante en siete rangos de valor que van de 0 a 140 puntos. El puntaje mayor significa una mejor calificación en cuanto a los criterios adicionales aplicados. Los sitios de mayor puntuación se encuentran en el rango de 120 a 140 puntos.

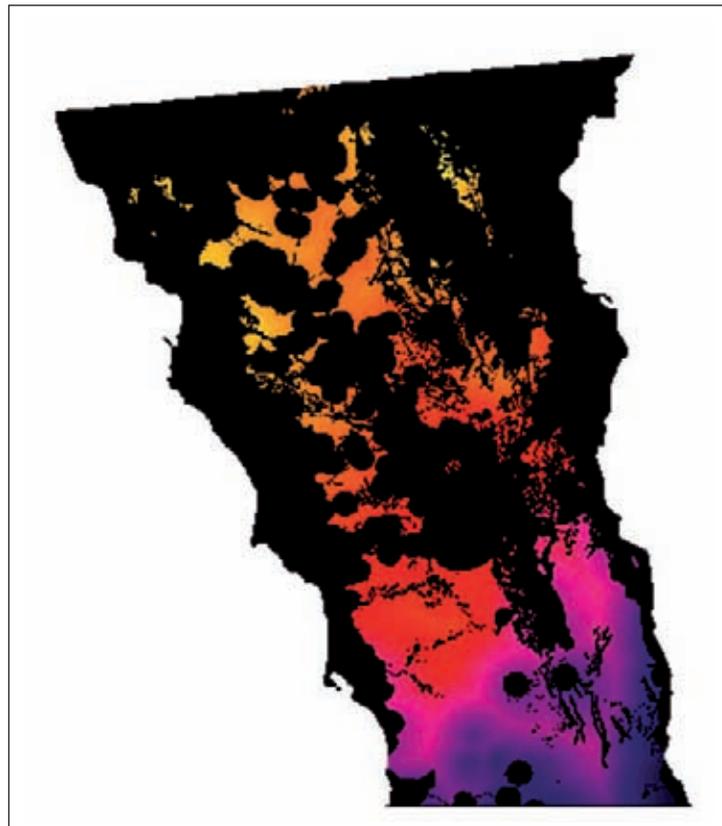


Figura 5. Resultado de la evaluación de las zonas de menor riesgo con criterios de los personajes involucrados.

En la figura 6 se muestran los sitios pertenecientes a este rango de valor, los cuales se distribuyen en la parte norte y noroeste. La exclusión de los sitios con superficie menor a 50 has permitió obtener un total de 67 sitios, distribuidos en tres franjas en el territorio: una franja localizada en el municipio de Mexicali, en la parte poniente de la sierra Cucapah. Al conjunto de sitios comprendidos en esta franja se les asignó la letra A; La segunda franja abarca sitios en la zona central siguiendo la línea de la sierra de Juárez y agrupados en las zonas B, C y D; la tercera franja, en la zona poniente, abarca sitios distribuidos en los municipios de Tijuana, Rosarito y Ensenada, y agrupados en las zonas E, F y G.

La distribución municipal de los sitios es la siguiente: 34 en Mexicali, 22 en Ensenada, 6 en Tijuana, 2 Rosarito y 3 en Tecate.

De acuerdo con los resultados de la evaluación, cualquiera de los sitios agrupados en estas siete zonas es conveniente para el emplazamiento de in-

fraestructura al cumplir tanto con la normatividad como con los criterios adicionales proporcionados por los personajes involucrados.

3.4. Caracterización de sitios: consideración de criterios no aplicados

La revisión de los sitios, considerando los criterios no aplicados en la primera evaluación o de difícil aplicación en la segunda evaluación, proporciona información base para el establecimiento de lineamientos o condicionantes en el emplazamiento de infraestructura de alta peligrosidad. Entre los criterios adicionales se presentan: la afectación a habitantes en radios de 15 y 25 kilómetros establecida en la normatividad anterior (NOM-055-ECOL-93); la afectación a poblaciones por vientos dominantes (NOM-055-ECOL-1996); así como la accesibilidad y aceptabilidad de los sitios desde la opinión de inversionistas y empresas de transporte.

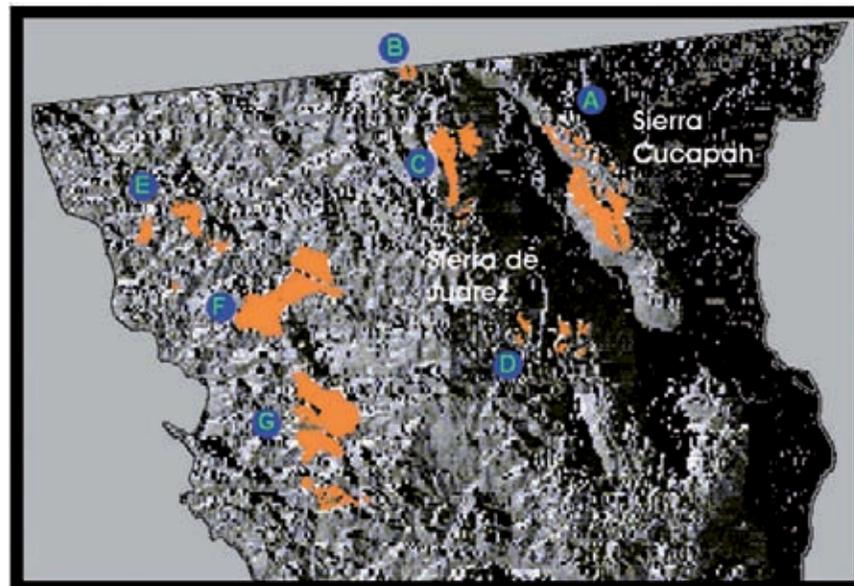


Figura 6. Zonas con sitios potenciales.

Afectación a habitantes en radios de 15 y 25 kilómetros

El comportamiento de los sitios respecto al número de habitantes contenido en un radio de 15 kilómetros es el siguiente: las zonas A y F abarcan un

mayor número de habitantes (de 2,500 a 10,000) con respecto al resto de las zonas (de 0 a 2,500 habitantes). En un radio de 25 kilómetros, las zonas B, C y D son las que contienen un menor número de habitantes (menos de 5000), mientras que las

zonas A, E, F y G abarcan más de 15,000 habitantes. Esto significa que para la autorización de los sitios es conveniente realizar estudios más precisos acerca de la posible afectación de las localidades próximas a estos, especialmente en las zonas A y F, para incorporar medidas de mitigación de riesgos y de monitoreo ambiental en el espacio comprendido entre la instalación peligrosa y las localidades, y no solo “dentro” de la instalación.

Vientos dominantes

El comportamiento de los vientos en los sitios resultantes respecto a las poblaciones circundantes a estos permitió la identificación preliminar de aquellas poblaciones potencialmente afectadas en caso de liberación accidental de sustancias, gases y contaminantes. En la figura 7 se muestra la dirección de los vientos dominantes en las zonas, los relieves y la distribución poblacional (puntos de color azul).

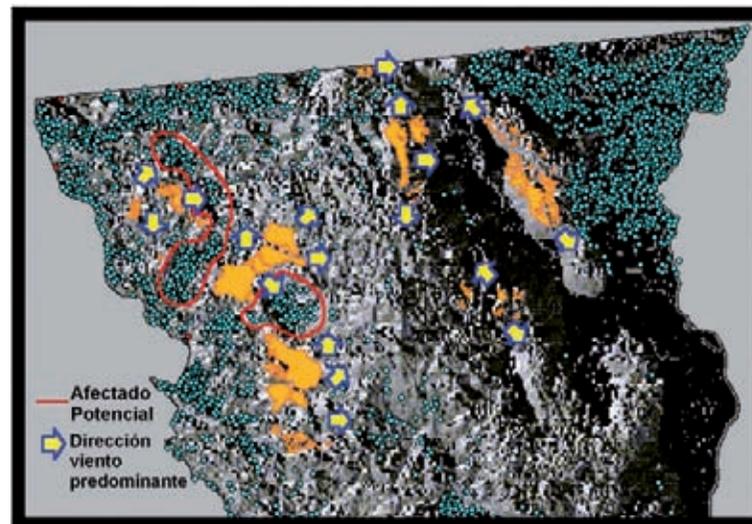


Figura 7. Comportamiento del viento

En las zonas A, B, C y D se encuentra una afectación escasa a localidades a razón de la dirección de los vientos dominantes. En la zona B ocurren vientos de mayor velocidad, pero debido a su dirección y la presencia de elementos topográficos a manera de barrera no representa un potencial de afectación importante en caso de liberación de sustancias y gases.

Los vientos dominantes en los sitios de las zonas E, F y G pueden conducir a las sustancias o gases liberados hasta alcanzar a un conjunto de poblaciones próximas. En la figura 7, la línea en color rojo delimita dos áreas con grupos de localidades afectables por dirección-velocidad de vientos. Esto nos indica que en la aprobación de los sitios se requiere de estudios más precisos sobre el comportamiento del viento y modelaciones de dispersión de contaminantes, especialmente en las zonas E, F y G. Esta información puede mejorar la visión

del riesgo y facilitar no solo la toma de decisión, sino la implementación de medidas certeras en la disminución del riesgo en el lugar.

Accesibilidad

La accesibilidad de los sitios a través del sistema de carreteras y autopistas (federales, estatales y municipales) se presenta de la siguiente forma: los sitios más accesibles son los A, B, F y G. El grupo de sitios en la zona C son medianamente accesibles y los grupos B y D resultan de difícil acceso, principalmente por encontrarse en formaciones serranas que dificultan la interconexión vial. De esta manera, en la aprobación de los sitios será conveniente valorar la necesidad de inversión en la construcción de carreteras de los sitios localizados en las zonas B y D, o en la mejora en la accesibilidad de la zona C.

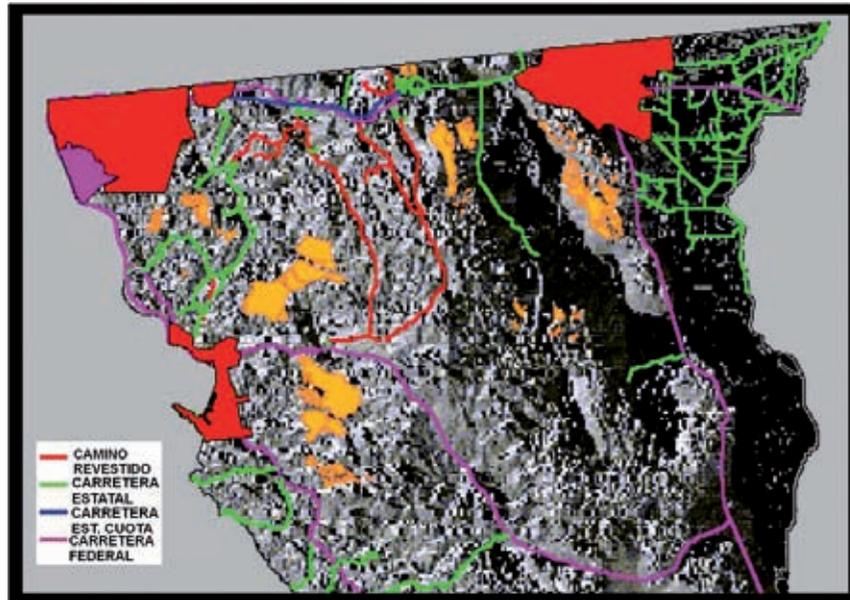


Figura 8. Zonas con sitios potenciales.

Aceptabilidad de grupos sociales y ambientales

Puesto que se aplicaron los criterios proporcionados por grupos sociales y ambientales en la evaluación adicional de los sitios, se puede esperar que las siete zonas sean aceptables para ellos. Sin embargo, la aceptabilidad social es un fenómeno sumamente complejo que, si bien se relaciona con la evaluación del territorio, está especialmente vinculado al proceso de toma de decisiones. Temas sumamente sensibles para la comunidad como su posible afectación por peligros incorporados al medio deben ser manejados con apertura y claridad. La existencia de un ambiente de desconfianza hacia las autoridades e inversionistas y una escasa comunicación social puede llevar a un conflicto en la implementación de infraestructura peligrosa en cualquier sitio.

2. Conclusión

El incremento en la generación de residuos en la zona fronteriza hace indispensable el planeamiento de infraestructura industrial para su manejo adecuado. El confinamiento controlado de residuos es una opción poco deseable, pero necesaria en los casos donde se carece de infraestructura lo suficientemente diversa para absorber las distintas corrientes residuales.

El planeamiento de infraestructura industrial y de los usos de suelo encuentra en los sistemas de información geográfica un instrumento flexible y dinámico que facilita el manejo de múltiples variables y criterios en la toma de decisión. La construcción y utilización de un SIG de la porción norte del Estado de Baja California permitió la evaluación del territorio en la búsqueda de las opciones de menor riesgo para el emplazamiento de infraestructura industrial peligrosa.

En este tipo de decisiones resulta conveniente el SIG como herramienta de apoyo en la reevaluación de los sitios resultantes, porque es un sistema abierto que brinda la posibilidad de incorporar nuevos criterios de preferencia de los personajes, o bien añadir información cada vez más detallada o actualizada de los sitios resultantes. Es importante tomar en cuenta que la información disponible para este tipo de evaluaciones resulta general y se encuentra en formatos diferentes, por lo que la construcción del SIG implica un arduo trabajo.

En el caso de Baja California, el ejercicio realizado generó opciones de localización, así como necesidades de información sobre los sitios potenciales. Los estudios detallados del sitio permitirán condicionar de manera específica el desarrollo de infraestructura en cada opción detectada, de tal forma que se garantice una mayor protección y, por tanto, un menor riesgo en el emplazamiento.

Tal como señalan Anderson y Greenberg [13], la evaluación técnica es solo una parte del proceso de selección de los sitios que culmina en una decisión política. La identificación de los sitios no resuelve el conflicto de intereses que enfrenta la implementación del proyecto. En todo caso, la evaluación del territorio con apoyo del SIG se convierte en una herramienta técnica de planeamiento que proporciona cierta información básica para la toma de decisiones, pero el proceso de decisión requiere de otros mecanismos e instrumentos que le brinden credibilidad.

A diferencia del proceso actual de toma de decisión que se caracteriza por el trinomio Decidir-Aplicar-Defender, la evaluación del territorio para identificar los sitios potenciales abre el abanico de posibilidades de localización de infraestructura y, por tanto, facilita la negociación de la misma con los grupos sociales y ambientales antes de su implementación. Un paso necesario en el camino de la aceptabilidad social es la búsqueda de esquemas de decisión socialmente incluyentes y confiables.

Referencias bibliográficas

- [1] México, Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (INE-SEMRNAP), *Programa para la Minimización y Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos en México 1996-2000*, México, D.F., INE-SEMARNAP, 1996.
- [2] Secretaría de Gobernación, “Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005 que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos”, en *Diario Oficial de la Federación*, México, D.F., Poder Ejecutivo Federal, 23 de junio del 2006.
- [3] Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales (SEMARNAT), “Sitios de disposición final y manejo integral” [en línea], disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/gestionambiental/Materiales%20y%20Actividades%20Riesgosas/residuos peligrosos/disposicion/disposicion.pdf>, recuperado: 10 de febrero del 2008.
- [4] Petts, J. y Eduljee, G., *Environmental Impact Assessment for Waste Treatment and Disposal Facilities*, England, John Wiley & sons, 1994.
- [5] Chatterji, M., *Hazardous Materials disposal: Siting and Management*, England, Avebury, 1987.
- [6] Ley García, J. Enfoque Integral para la selección de sitios para el emplazamiento de un confinamiento de residuos peligrosos en Baja California. Tesis de Maestría, Facultad de Arquitectura, UABC, Mexicali, Baja California, México, 2002.
- [7] McHarg, I., *Proyectar con la naturaleza*, Barcelona, Gustavo Gili, 2000.
- [8] Secretaría de Gobernación, “Norma Oficial Mexicana NOM-055-SEMARNAT - 2003 que establece los requisitos que deben reunir los sitios que se destinarán para un confinamiento controlado de residuos peligrosos previamente estabilizados”, en *Diario Oficial de la Federación*, México, D. F., Poder Ejecutivo Federal, 31 de noviembre del 2004.
- [9] Rama, K., Babu B.V., “Site selection criteria for hazardous waste treatment, storage and disposal facility” disponible en: <http://discovery.bits-ilani.ac.in/discipline/chemical/bvb/TsdfVidisha99.pdf>, recuperado: 10 de enero del 2008.
- [10] Eastman, R., *Guide to GIS and Image Processing*, vol. 1, Worcester, MA, Clarklabs, Clark University, 1999.
- [11] Morell, D., Magorian, C., *Siting Hazardous Waste Facilities: Local Opposition and the Myth of Preemption*, Cambridge, MA, Ballinger Publishing, 1982.

- [12] Franco, S., “Sistema de Información Geográfica para la Localización de Residuos Peligrosos”, en *Cuadernos de Investigación*, Cuarta época/23, Toluca (México), Universidad Autónoma del Estado de México, 2003.
- [13] Anderson, R., Greenberg, M. *Hazardous Waste Sites: the credibility gap*, New Brunswick, NJ, Center for Urban Policy Research, 1984.

JUDITH LEY GARCÍA

Arquitecta en la Universidad Autónoma de Sinaloa, México. Maestra en Arquitectura (Opción Medio Ambiente) en la Universidad Autónoma de Baja California (2002), México. Candidata a Doctora en Geografía por la Universidad Nacional Autónoma de México. Investigadora de tiempo completo del Instituto de Investigaciones Sociales (IIS) de la Universidad Autónoma de Baja California (desde 2002) y responsable del Laboratorio de Geomática del IIS (desde 1999).

Correo electrónico: jley@uabc.mx