

se podría impulsar las empacadoras, entre otras acciones que generarían importantes ingresos a los habitantes de la región. Lo anterior se lograría aplicando técnicas de desarrollo integral de los recursos naturales.

BIBLIOGRAFÍA

- Fundación F. Ebert [s. f.], *Nuestro futuro común. Explicación al reporte Brundtland, un resumen*, México, Fundación F. Ebert.
- García, R. [1986], "Conceptos básicos para el estudio de sistemas complejos", en E. Leff (coord.), *Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo*, México, Siglo XXI.
- Leff, E. (comp.) [1994], *Ciencias sociales y formación ambiental*, Barcelona, Editorial Gedisa.
- Serrano, B. R. (coord.) [1993], *Una propuesta de evaluación del recurso suelo con fines de planeación territorial: el caso de la región del Valle de Toluca*, tesis de maestría, Facultad de Arquitectura y Arte de la UAEM.
- (coord.) [1995], *Ordenamiento Ecológico del Municipio de Toluca*, México, FAPUR-UAEM, H. Ayuntamiento de Toluca.
- Zeromski, A. [1995], "Sobre el paradigma del desarrollo sustentable", en A. Vogel, et al., *Memorias Second Inter-American Environmental Congress*, Monterrey, Nuevo León, México, ITESM, Organización of American State.

PELIGRO POR INUNDACIÓN EN LA ZONA URBANA Y URBANIZABLE DE LA EX LAGUNA DE TULTEPEC LERMA, ESTADO DE MÉXICO

Alejandro Alvarado Granados*

INTRODUCCIÓN

El desarrollo sustentable ha sido concebido desde distintos enfoques, de los cuales resultan interesantes aquellas concepciones integradoras que lo contemplan a partir de la interacción de los dos grandes componentes del medio ambiente, esto es, el medio natural y el medio socioeconómico. Dentro de estos criterios conceptuales, el Instituto de Recursos Mundiales¹ propone cuatro dimensiones que lo conforman: la económica, la humana, la ambiental (entendida como biogeofísica) y la tecnológica, las cuales inciden directamente en la viabilidad del carácter sustentable del desarrollo.

En tal sentido, si algunas de estas dimensiones no tienen condiciones mínimas que apunten hacia la sustentabilidad, el mencionado desarrollo no es posible. Esto es, si en lo tecnológico se tienen procesos productivos sucios, que afecten directamente la salud humana, no es posible concebir la sustentabilidad; o si en la esfera humana son definidos usos del suelo inadecuados, se incide negativamente en procesos biogeofísicos, que tienen que ver con la pérdida de recursos naturales, con lo que se incrementan las condiciones de peligrosidad en procesos tales como las inundaciones, por lo que en estos casos sólo se estaría generando un desarrollo con posibilidades limitadas de existencia temporal.

La investigación que se presenta tiene que ver con esta última consideración, referente al peligro que representa un aprovechamiento de suelo con fines urbanos que no ha tomado en cuenta la variable del riesgo ambiental, particularmente el debido a inundaciones, ya que se propuso como objetivo general:

* Facultad de Planeación Urbana y Regional, UAEM.

¹ Instituto de Recursos Mundiales, *Recursos mundiales*, México, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1992-1993.

Coadyuvar a la integración de elementos del medio natural en la planeación del territorio, por medio de la evaluación del peligro de inundación, como parte del análisis de riesgo desencadenado por este peligro natural. Ello para generar una propuesta que incida en la definición de acciones y/o localización de elementos, referidos en los planes de desarrollo urbano y regional.

Para lograr lo anterior se analizaron desde la perspectiva del peligro por inundación 800 ha de superficie urbana o urbanizable del valle de Toluca, que corresponden con una fracción de vaso lacustre, hoy prácticamente seco por la alteración del acuífero que constituía su principal fuente de abastecimiento.

La elaboración del presente trabajo parte de la necesidad de considerar para la zona de estudio que ante la posibilidad de cambios en el uso del suelo, se debe estimar la magnitud y frecuencia de eventos extraordinarios (inundaciones) potencialmente destructivos antes de plantear cualquier propuesta para su aprovechamiento urbano, ya que de otra manera se tiene un riesgo de inundación que si no se conoce y mitiga puede representar pérdidas, fundamentalmente materiales, que de otra manera podrían evitarse.

La importancia que cobra la zona de estudio se debe a: a) Buena ubicación y conexión vial; b) Mayor crecimiento poblacional esperado (7.11% anual en Lerma y 6.0% en Ocoyocac), en relación con el resto de la Región Metropolitana de Toluca (2.2% anual), y c) Antiguamente constituía parte de la zona de descarga del acuífero del curso alto del río Lerma.

ANTECEDENTES

Los desastres son fenómenos destructivos siempre presentes en las sociedades humanas, pero que a partir del conocimiento que de ellos se tenga es factible mitigar, tanto en los aspectos preventivos como durante y después de ocurridos.

La práctica humana ante tales eventos no ha ponderado sus acciones, al menos en América Latina, hacia la prevención, lo cual se hace manifiesto al reportarse que en esta región del planeta menos del 10% del financiamiento internacional para

el manejo de peligros naturales se invierte para la prevención de desastres, actuándose principalmente en el socorro, rehabilitación y reconstrucción.²

Esta respuesta latinoamericana para el combate a los desastres no es una actuación que apunta en el sentido de la sustentabilidad, lo cual no significa que las acciones posdesastre no sean importantes; pero si se considera desde el proceso de planeación del uso del territorio a la variable del riesgo es posible reducir los efectos negativos asociados a los desastres en condiciones de mayor holgura; esto es, que con toda anticipación se puedan adaptar las acciones humanas a las condiciones materiales presentes en un lugar y tiempo determinados.

Para incidir desde la perspectiva de la planeación en el estudio de los riesgos naturales, generados a partir de la existencia de fenómenos naturales de carácter peligroso, es necesario el estudio de las condiciones biogeofísicas del lugar donde se pretendan cambios en el uso del suelo, para ser contrastadas con la manera de incidir en el territorio, buscando en esa interacción formas de intervención humana acordes con las condiciones biogeofísicas presentes.

Un ejemplo de la existencia de diferentes formas de relación del hombre con la naturaleza lo constituye la urbanización de áreas lacustres en México, principalmente en el valle del mismo nombre, el cual tiene antecedentes desde la época prehispánica. Sin embargo, la manera en que las distintas sociedades se han vinculado con este ecosistema lacustre han sido diferentes, desde su coexistencia (época prehispánica) hasta su exterminación (época actual), como respuesta a fuertes inundaciones que ha padecido la ciudad, entre otras durante los años 1555, 1576, 1604, 1622, 1629, 1763 y 1952.³

La promoción de asentamientos humanos que prevean las condiciones de peligrosidad y vulnerabilidad en México data desde el inicio de los años ochenta mediante el Programa Nacional de Prevención y Atención de Emergencias Urbanas, mismo que no ha permeado hasta el momento en el estado de

² Organización de Estados Americanos, *Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación del desarrollo regional integrado*, Washington, OEA, 1993.

³ Enrique Espinosa López, *Ciudad de México. Compendio cronológico de su desarrollo urbano 1521-1980*, México, DDF, 1991.

México, ya que a más de 10 años de estos planteamientos la práctica de la planeación urbana no ha tomado en cuenta estos elementos.

Posterior a los sismos de 1985, con la creación del Sistema Nacional de Protección Civil, mismo que contempla formas de organización para actuar en distintos momentos para la protección ciudadana contra los desastres, no ha logrado su prevención mediante la aplicación de planes de desarrollo urbano.

El estudio de los riesgos y la aplicación de sus resultados en la planeación del territorio es una forma preventiva de incidir en ellos, y por lo tanto en los desastres que puedan desencadenar, tal como aquí se expone, bajo las siguientes premisas.

ACLARANDO CONCEPTOS

Ante la inminente interacción que se presenta entre el hombre y la naturaleza, una manifestación de los desequilibrios de ésta queda expresada por los riesgos a que quedan expuestos la población y sus bienes ante los riesgos denominados naturales.

Para considerar que una área se encuentra bajo riesgo deben confluír en tiempo y espacio tres condiciones fundamentales: peligro, bienes bajo riesgo y vulnerabilidad; si uno de ellos no se encuentra presente, no es posible hablar de riesgo.

En tal sentido, y dado que no existe un amplio consenso en la definición de los términos, para este trabajo se han adoptado las siguientes definiciones:

Riesgo: medida de probabilidad y severidad de los efectos adversos.⁴

Peligro: Probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso durante cierto periodo en un sitio dado.⁵

Bienes bajo riesgo: Corresponden a las actividades humanas, todos los sistemas realizados por el hombre tales como edifica-

⁴ Conway [1982], citado por Larry, Canter, *Environmental risk assessment and management*, Pan American Center For Human Ecology and Health.

⁵ A. Cardona y Omar Darío, "Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo, elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo", en Andrew Maskrey (compilador), *Los desastres no son naturales*, La red, Colombia, Red de estudios sociales, 1993.

nes, líneas vitales o infraestructura, centros de producción, utilidades, servicios, la gente que los utiliza y el medio ambiente.⁶

Vulnerabilidad: La incapacidad de una comunidad para absorber, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea, a su inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio.⁷

Los fenómenos naturales que resultan ser peligrosos ocurren en todas partes del mundo; sin embargo, son las condiciones de vulnerabilidad las que definen el nivel de pérdidas sufrido.

Una planeación del desarrollo que no toma en cuenta los riesgos presentes en el territorio donde se pretenden desarrollar acciones puede truncar significativamente los logros de este objetivo propuesto, a la vez de requerir posteriormente de proyectos "ambientales" para la protección, cuando las acciones originales no permiten, en términos de seguridad, el cumplimiento de las metas propuestas.

Lo anterior implica que, si entre los fines de la planeación está el desarrollo, los medios para lograrlo deben ser congruentes con este fin.

*CRITERIOS METODOLÓGICOS

Para abordar el estudio de riesgos naturales con la finalidad de mitigarlos desde la perspectiva de la planeación territorial, se propone considerarlos a partir de los elementos interrelacionados que le dan origen; esto es, evaluar las condiciones de peligrosidad ante un tipo de riesgo, sus condiciones de vulnerabilidad y los -bienes bajo riesgo, con su respectiva valoración económica. En tal sentido y para el caso de la inundación en la zona urbana y urbanizable de la ex laguna de Tultepec Ierma, se ha tomado en cuenta el siguiente procedimiento metodológico:

Para el estudio de los riesgos: 1] Evaluación de peligro(s); 2] Evaluación de vulnerabilidad, y 3] Evaluación de riesgo(s).

1. *Para evaluar el peligro*: en función del tipo del fenómeno potencialmente peligroso.

⁶ *Ibid.*

⁷ Organización de Estados Americanos, *op. cit.*

a) *Para la evaluación de inundación fluvial:* estimación de escurrimientos máximos según distintos periodos de retorno.

b) *Para la evaluación de inundación pluvial:* estimación de lluvias máximas según distintos periodos de retorno.

2. Para estimar la vulnerabilidad física:

a) *A la inundación fluvial:* estimación de las capacidades máximas de conducción del cauce en cuestión; localización de puntos críticos; estimación del volumen desbordado en estos puntos, ante distintos gastos, referentes a distintos periodos de retorno; modelación de estos volúmenes desbordados en las llanuras de inundación correspondientes a los puntos críticos, y determinación de áreas inundadas según distintos periodos de retorno y valoración de bienes bajo riesgo, contenidos en ellas.

b) *A la inundación pluvial:* respuesta de la distribución del agua acumulada en el área de interés, según su permeabilidad, relieve y distintos volúmenes acumulados en su cuenca de captación, dados para distintos periodos de retorno.

3. *Para la estimación del riesgo:* cálculo de pérdidas, generadas según magnitud del peligro y condiciones de vulnerabilidad, referentes a distintos periodos de retorno.

LAS FUENTES DE PELIGRO

Las fuentes de peligro por inundación, existentes en la zona de estudio, están representados por: inundación fluvial asociada con el arroyo Agua Apestosa, inundación pluvial en la aquí denominada "Cuenca Endorreica Laguna Norte", inundación fluvial por desbordamiento del arroyo Texcalpa e inundación fluvial por desborde del río Lerma.

Respecto al peligro que representa el arroyo Agua Apestosa, se estimaron los gastos (volúmenes por unidad de tiempo) máximos, referentes a distintos periodos de retorno (lapso de recurrencia de un evento), mismos que se expresan en el cuadro 1.

De acuerdo con estos resultados, el volumen máximo escurrido en el arroyo Agua Apestosa es creciente conforme aumenta

CUADRO 1
ESTIMACIÓN DE GASTOS MÁXIMOS EN EL
ARROYO AGUA APESTOSA

Periodo de retorno (años)	Gastos máximos (m ³ /s)
2	6.41
5	8.17
10	9.32
50	11.88
100	12.96
500	15.46
1 000	16.53

el periodo de retorno, pero estos datos absolutos por sí mismos no dicen nada, deben ser contrastados con las condiciones de vulnerabilidad física, expresada por las dimensiones del cauce, lo cual se ilustra posteriormente.

En relación con el peligro de inundación, vinculado con la lluvia en la zona, se ha estimado el volumen acumulado durante 24 horas como indicador de la amenaza o peligro, no en toda el área de estudio sino sólo más crítica, que no tiene una salida hidráulica y que está constituida por una pequeña cuenca endorreica, generándose para ella los siguientes resultados.

De manera similar a los resultados anteriores, estos volúmenes de agua de lluvia acumulados durante 24 horas sólo son significativos en la medida en que son contrastados con las

CUADRO 2
ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN ACUMULADO DURANTE 24 HORAS
EN LA "CUENCA ENDORREICA LAGUNA NORTE"

Tr ^a (años)	Lluvia máxima (mm)	Volumen captado en cuenca (miles m ³)	Volumen acumulado (miles de m ³) máximo
2	41.5	1 660	166
5	59.1	2 364	236
10	70.7	2 828	283
50	96.3	3 852	395
100	107.1	4 284	496
500	132.1	5 284	528
1 000	142.8	5 712	571
			332
			472
			566
			790
			1 056
			1 142

* Tr^a representa periodo de retorno.

condiciones de vulnerabilidad física, en este caso representadas por el microrrelieve en la cuenca endorreica.

El caso de obra de las fuentes de peligro, el arroyo Texcalpa, presenta una condición de análisis similar a la del arroyo Agua Apestosa, pero a partir de su cuenca de captación se ha generado el cuadro 3.

En este caso sólo se presentan los datos estimados por el gobierno estatal para ilustrar la magnitud del peligro, pero nuevamente se requiere de contrastarlas con la capacidad

CUADRO 3

ESTIMACIÓN DE GASTOS MÁXIMOS EN EL ARROYO TEXCALPA

Periodo de retorno (años)	Gastos máximos (m ³ /s)
5	2.9
10	3.9
20	4.5

Fuente: Gobierno del Estado de México, Secretaría de Desarrollo Agropecuario, "Estudios y proyectos para la restauración de la cuenca del río Lerma en el municipio de Tultepec, Estado de México. Estudio Hidrológico", mimeo, 1990.

máxima de conducción del cauce en cuestión.

Para inundación fluvial por el río Lerma, la información existente para esta fuente de peligro tiene ya vinculados los gastos máximos y la capacidad del cauce, de tal manera que el resultado obtenido se refiere a los sitios de desbordamiento ante inundaciones con cinco y veinte años de periodo de retorno.⁸

De los resultados obtenidos se desprende que a pesar de que el río en cuestión no cruza la zona, sí se encuentra a una distancia entre 500 y 1 000 metros, en su margen derecha, entre los kilómetros del río 11+750 y 13+750, de donde sólo para los últimos 200 metros existe posibilidad de desbordamiento con periodo de retorno de cinco años; mientras que para los 20 años el tramo desbordado del río se reduce a 170 metros, pero con mayor volumen de desbordado. Sin embargo, aun conociendo

la sección del río más peligrosa, hay que contrastar con las condiciones de vulnerabilidad ante este peligro.

Otro resultado importante, aun cuando no es propiamente sobre el peligro sino sobre la vulnerabilidad física para el desbordamiento del arroyo Agua Apestosa, se presenta la capacidad de conducción máxima del cauce, estimada de una manera preliminar y sólo con la finalidad de ilustrar su vínculo con la magnitud del peligro.

En este caso, al no tenerse contemplado dentro de los alcances de este trabajo dicho elemento interactuante del riesgo, se presenta como ejemplo el promedio de dos secciones transversales sobre el cauce del mencionado arroyo en el interior de la zona de estudio, para que los datos calculados de gasto máximo cobren sentido, siendo los resultados obtenidos los siguientes: 7.11 m³/s.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con el dato de capacidad máxima del cauce, existe una probabilidad de inundación fluvial, por el arroyo Agua Apestosa, de una en menos de cinco años, por lo que es conveniente concluir, con datos precisos, la evaluación del riesgo por inundación, a partir de los resultados sobre el peligro.

Para la inundación pluvial el resultado es pobre, pues no se conoce el relieve en detalle sino sólo la estimación del peligro, de manera similar a lo sucedido con el arroyo Texcalpa y el río Lerma, ya que este trabajo se planteó la estimación del peligro y los lineamientos para evaluar la vulnerabilidad física y el riesgo.

En cuanto a los aspectos conceptuales del tema, se ha visto necesaria la homogeneización de términos vinculados con el riesgo, condición básica para sistematizar metodologías para el estudio de cada uno de los que puedan existir en el territorio, al menos en el mexiquense, el más poblado del país.

Aunado a lo anterior, existe también la necesidad de abordar los estudios de riesgo desde una perspectiva interdisciplinaria, abarcando lo natural y lo social, al igual que la planeación territorial en su conjunto.

⁸ Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Infraestructura Hidroagrícola, gerencia regional de Lerma-Balsas, "Estudios básicos e integración del expediente de factibilidad de las obras de encauzamiento y confinamiento de las lagunas en la cuenca del río Lerma en el Estado de México", tomo I, mimeo., 1993.

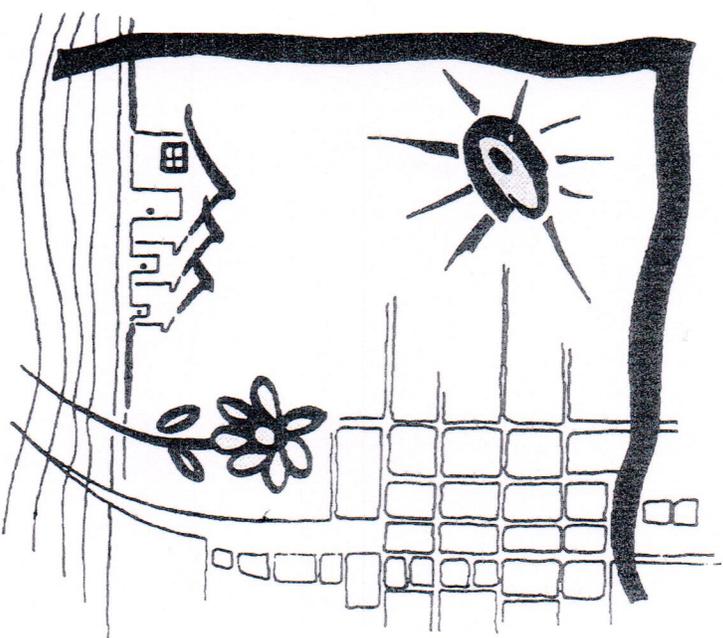
Por otro lado, se ha detectado que si la planeación urbana no toma en cuenta esta variable donde intervienen los aspectos naturales interactuando con los sociales se pueden generar desastres, que de otra manera se pudieron haber mitigado. Tal es el caso del Plan Regional Metropolitano de Toluca, que al no contemplar en su planteamiento de usos y destinos del suelo las condiciones naturales donde se desarrollarán las actividades humanas en esta área sujeta a desarrollo, pone en riesgo las actividades que pretenden ser reguladas; ello a pesar de que la Ley de Asentamientos Humanos del Estado de México lo dicta, al plantear como parte del contenido mínimo de los planes regionales metropolitanos: "La tendencia de la problemática ambiental y urbano regional."

Por tanto, una definición de usos y destinos del suelo que toma en cuenta las particularidades físicas de una zona constituye una manera de incidir en la prevención de desastres, coadyuvando al desarrollo en su sentido amplio, lo que implica que tiene que ser sustentable, ya que si esto es lo que se pretende, no se deben promover riesgos para la misma zona a desarrollar u otra bajo su influencia.

En cuanto a la forma de estimar el escurrimiento en cauces, en condiciones de poca información, es importante considerar las distintas técnicas posibles para contrastar resultados y elegir con base en otros criterios, apoyados en el trabajo de campo y registros históricos, ya que los resultados difieren y hay que tomarlos con reservas, contrastándolos mediante distintas técnicas, vistos a la luz del trabajo de campo.

Dado que las relaciones sociedad-naturaleza son complejas, al incidir en la disminución del escurrimiento mediante cuidado de la cuenca se está actuando en varios frentes a la vez: en la reducción del peligro por inundación fluvial, en la recarga del acuífero, capaz de representar otro riesgo, pero en sentido contrario, esto es, la sequía.

Tercera parte



Hacia el ordenamiento ambiental rural

⁹ Gobierno del Estado de México, "Ley de Asentamientos Humanos del Estado de México", *Gaceta del Gobierno* (art. 24), 1 de marzo de 1993.