

# **DEGRADACION AMBIENTAL POR RIESGOS NATURALES Y VULNERABILIDAD SOCIAL EN LA ZONA URBANA DE TIJUANA, B. C.**

**Romo Aguilar Ma. De Lourdes\***

Las transformaciones que el hombre hace sobre el medio natural son acciones inherentes al surgimiento de éste como especie dominante. Sin embargo, los cambios recientes se consideran deterioros netos en perjuicio de la calidad de vida de la población actual y atentan contra el bienestar de las siguientes generaciones (Tudela, F., 1993).

La afirmación anterior se antoja un tanto contradictoria ya que por un lado, se pretende alcanzar un modelo de desarrollo que sea armonioso con la naturaleza, mientras que por otro, fenómenos como transformación del entorno natural, inundaciones y procesos de erosión, entre muchos otros en los que interviene el hombre, amenazan dicha pretensión. No obstante, dentro de la connotación negativa, existe también el estímulo para la investigación aplicada en temas sobre la administración integral del ambiente. Es en este contexto donde surge la inquietud por el estudio de la degradación ambiental ocasionada por fenómenos naturales y la probabilidad de riesgo que pueda tener la sociedad por causa de éstos.

En este trabajo se seleccionó la zona urbana de Tijuana porque con cierta frecuencia se presentan contingencias ambientales como las inundaciones presentadas en enero de 1993, donde se registraron más de 40 muertos, se produjeron daños por varios millones de dólares y se paralizó la actividad de la ciudad durante casi un mes (Booco, et al, 1993). Estos hechos ponen de manifiesto los problemas ambientales de Tijuana e impulsan estudios como éste.

El objetivo general de este trabajo es: Conocer la degradación ambiental ocasionada por los riesgos naturales más significativos en la zona urbana de Tijuana, B. C. en relación con su contexto social.

Para lograr dicho objetivo se parte de la siguiente hipótesis de trabajo: La degradación ambiental existente en la zona urbana de Tijuana en gran medida se asocia directamente con los riesgos naturales que ahí existen, mismos que se ven incrementados por la vulnerabilidad social del lugar.

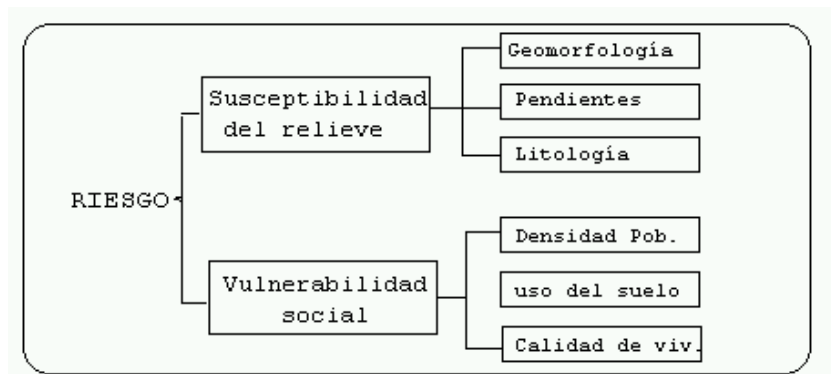
## **METODOLOGIA**

Para el abordaje de los riesgos naturales y la vulnerabilidad social se presenta desde una perspectiva integral los aspectos socioeconómicos y los fenómenos dinámicos del entorno físico de la ciudad.

---

\* Investigadora de El Colegio de la Frontera Norte. Nuevo Laredo, Tamaulipas. México.

El **riesgo** se estima a través de la conjunción de dos variables principales y cada una de éstas a su vez se compone de una serie de factores como se muestra en la figura 1. Cada factor está sistemáticamente relacionado y tiene expresión cartográfica tanto en forma individual como en conjunto.



**Figura 1. Esquema metodológico**

En esta figura podemos observar que la **susceptibilidad del relieve** conjunta tres elementos que con anterioridad han demostrado ser relevantes en la ciudad de Tijuana: *geomorfología, pendientes y litología* (Bocco, et al. 1993; Delgado-Argote et al. 1993; Aragón-Arreola, 1994). Cada uno de estos tres elementos se maneja como una capa de información en un Sistema de Información Geográfica (SIG)(1) llamado SAVANE (2).

La geomorfología se determina mediante fotografías aéreas escala 1:50,000 del 03 de agosto de 1994, cuya fotointerpretación se restituye en una imagen de satélite SPOT de 1994. Con respecto a la imagen, la herramienta utilizada es la Percepción Remota (PR) (3).

Una vez establecidas las tres capas de información referidas, se traslapan y se interroga al SIG para que ubique aquellas áreas del relieve susceptibles de manera natural a desarrollar procesos de inundación, anegamiento, depositación o de erosión-remoción en masa.

Una vez establecidas las áreas para cada tipo de susceptibilidad se procede a determinar la **vulnerabilidad social** que de acuerdo con los objetivos de esta investigación se refiere exclusivamente al aspecto espacial y como se observa en la figura 1 incluye tres elementos: *densidad poblacional* establecida en habitantes por km<sup>2</sup>, *tipo de uso del suelo* donde se especifican los diferentes usos que existen en la ciudad y se reclasifican de acuerdo con el valor económico de la infraestructura que hay en cada uso(4) y *calidad de vivienda* que se refiere al tipo de material con que está construida ésta, y que se ha denominado resistencia de la vivienda. Con respecto a este último punto en este trabajo se considera sólo las viviendas con techo de lámina y paredes de madera. Esta información se encuentra a nivel de área geoestadística básica (AGEB) y en formato digital. Cada uno de los tres elementos señalados conforma a su vez una capa de información. Estas capas de información se traslapan para obtener la vulnerabilidad.

La sobreposición de la susceptibilidad del relieve y la vulnerabilidad social resulta en la caracterización a nivel urbano de los riesgos reales (Verstappen, H., 1992).

La vulnerabilidad es la que incrementa en un momento dado el riesgo de un evento natural que ocurre por sí mismo de acuerdo con la susceptibilidad que tenga el relieve. Se puede tener una alta susceptibilidad del relieve sin que ello implique un alto riesgo por la ausencia de una vulnerabilidad social alta y viceversa.

## **SUSCEPTIBILIDAD DEL RELIEVE**

La susceptibilidad del relieve se refiere al funcionamiento, fragilidad y capacidad de asimilación del ambiente físico ante la ocurrencia de un fenómeno perturbador (Alexander, D., 1993).

## **GEOMORFOLOGIA**

El 65% del área urbana se encuentra sobre materiales fluvio-marinos pre-cuaternarios (terrazas de areniscas y conglomerados), la mayor parte depositados sobre el delta del antiguo río Tijuana. Un 20% de la ciudad se asienta sobre depósitos fluviales recientes (aluviones de la llanura fluvial y las terrazas del río Tijuana actual). Ambas unidades tienen suelos arenosos. El 15% restante se localiza sobre rocas volcánicas (flujos lávicos ligeramente ondulados), con suelos más arcillosos (Bocco, et al, 1993). De acuerdo con Delgado-Argote, et al (1993), resulta claro que la ciudad está edificada principalmente sobre depósitos muy jóvenes (3.0-1.5 Ma) y poco consolidados. La edad de estos depósitos, el tipo de sedimentos y el estado físico de los mismos, son responsables en parte de la inestabilidad del terreno (deslizamientos). Los sedimentos más recientes en la zona de estudio se encuentran en unas terrazas de conglomerados pobremente consolidados. Estos son fácilmente erosionables y se distribuyen ampliamente en la ciudad.

Con base en esta descripción general de materiales y las geoformas establecidas se identifican principalmente los siguientes procesos: 1)Inundación, 2)Deposición, 3)Anegamiento y 4)Erosión-remoción en masa (Ver mapa 1).

Las zonas de inundación se localizan básicamente en los lechos fluviales del río Tijuana y el arroyo Alamar. La morfodinámica del lecho fluvial es resultado de los cambios en el régimen del río y la geoforma característica encontrada es la terraza aluvial, la cual se puede definir como el nivel de un cauce abandonado por encajamiento del río, ocupando una posición superior sobre el talweg actual y que en este estudio se ha denominado los tipos de terrazas encontrados como: lecho menor de inundación ordinaria, lecho mayor de inundación ordinaria y lecho mayor de inundación extraordinaria.

Las zonas de deposición se localizan principalmente en las planicies bajas constituidas por materiales aluviales como la terraza marina y en los lomeríos bajos. La terraza marina es lo que se conoce como fraccionamiento Playas de Tijuana. Aún cuando en los diferentes tipos de lecho aluvial tienen lugar procesos de deposición también, en este

trabajo se consignan estas zonas como de inundación porque ha sido históricamente más relevante en cuanto a riesgos que el proceso anterior.

El proceso de anegamiento se localiza en las zonas llanas o semillanas conformadas por conglomerados, sobre todo en las superficies cumbreles como la Mesa de Otay. El anegamiento obedece a la falta de gradiente en estas superficies planas, onduladas o basculadas (poca inclinación), aunado a una perturbación de la capacidad de infiltración de los suelos debido a las construcciones.

El transporte de material que puede ser por erosión o por remoción en masa, tiene lugar en el área de cerros, piedemonte, lecho aluvial, rellano y cañadas. En el rellano la erosión es causada antrópicamente, ya que con fines de construcción se ha interrumpido la pendiente del terreno en forma escalonada y aunque ocupan poca superficie del área de estudio es importante su consideración. Las cañadas están constituidas por valles erosivos y laderas denudatorias que presentan procesos de erosión-remoción en masa y afectan principalmente a las areniscas y conglomerados de origen deltaico.

## **VULNERABILIDAD SOCIAL**

La vulnerabilidad social se refiere al proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y la predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos ante una amenaza específica, contribuyendo al conocimiento del riesgo a través de interacciones de dichos elementos con el ambiente peligroso. Los elementos bajo riesgo son los contextos social y material, representados por las personas y por los recursos y servicios que pueden ser afectados por la ocurrencia de un evento, es decir, las actividades humanas, los sistemas realizados por el hombre tales como edificaciones, líneas vitales o infraestructura, centros de producción y sus actividades económicas (Cardona, A., 1993).

Partiendo de este concepto, en este estudio se establece la misma mediante la correlación de tres factores: densidad poblacional, resistencia de la vivienda y uso del suelo.

## **DENSIDAD POBLACIONAL**

La población en la ciudad de Tijuana se encuentra un tanto dispersa esto es, hay zonas deshabitadas (como grandes baldíos) y existen otras áreas densamente pobladas, lo cual hace que exista un gran intervalo entre el primer rango establecido con respecto del último. Para establecer estos rangos se dividió la población entre la superficie en km<sup>2</sup> por AGEB, resultando:

- 1) Baja densidad poblacional de 32 a 2016 hab/km<sup>2</sup>
- 2) Mediana densidad poblacional de 2016 a 4746 hab/km<sup>2</sup>
- 3) Alta densidad poblacional de 4746 a 7105 hab/km<sup>2</sup> y
- 4) Muy alta densidad poblacional de 7105 a 42 409 hab/km<sup>2</sup>

## TIPO DE USO DEL SUELO

Los usos del suelo en la ciudad son los siguientes: residencial, comercial, industrial, en desarrollo, en construcción, transporte, institucional, recreativo, agricultura, agua y finalmente los deshuesaderos de vehículos automotores (yonkes). El porcentaje de superficie que cubre cada tipo se muestra en el cuadro siguiente:

**CUADRO 1 PORCENTAJE DE SUPERFICIE DE USO DEL SUELO**

Uso del suelo	Superficie %
Residencial	52.89
Comercial	5.67
Industrial	4.72
En desarrollo	5.45
En construcción	18.74
Transporte	2.92
Institucional	2.05
Recreativo	1.4
Agricultura	0.9
Yonke	0.27
Sin datos	4.44

En este cuadro se observa que la mayor área la cubre el uso de suelo de tipo "residencial" y en segundo lugar el rubro "en construcción", lo que indica el acelerado y continuo crecimiento de esta ciudad.

Para fines de este estudio estas categorías se han agrupado en términos de valor monetario por inversión en infraestructura, esto es, se considera más vulnerable aquel tipo de uso de suelo donde exista mayor inversión monetaria susceptible a sufrir algún daño ante un fenómeno natural peligroso. La agrupación se muestra en el cuadro 2, donde se observan cuatro categorías resultantes.

**CUADRO 2 AGRUPACION DE USOS DEL SUELO POR INVERSION**

Inversión	Baja	Mediana	Alta	Muy alta
Uso del suelo				
Residencial			X	
En construcción	X			
Comercial			X	
En desarrollo	X			
Industrial				X
Transporte		X		
Institucional			X	
Recreativo	X			
Agricultura	X			
Ind extractiva	X			
Yonke	X			

Se observa que la categoría predominante es la de mediana inversión, esta categoría agrupa los siguientes usos del suelo: residencial, comercial e institucional.

### **CALIDAD DE VIVIENDA**

El propósito de este apartado es conocer las condiciones de la vivienda en el área de estudio. La vivienda es uno de los principales elementos de los que se componen los asentamientos humanos en la ciudad de Tijuana, fundamentalmente por el crecimiento social (población inmigrada) y por el crecimiento natural que presenta año tras año. Para los fines de este estudio, el concepto de calidad de vivienda se refiere exclusivamente al tipo y calidad de los materiales de que está construida.

Como se mencionó en la metodología, se hace referencia a las viviendas con techos de lámina, asbesto o cartón metálico y paredes de madera. Resultan cuatro categorías cuya superficie y porcentaje se expresa en el cuadro 3.

**CUADRO 3 PORCENTAJE DE VIVIENDAS CON TECHO DE LAMINA Y PAREDES DE MADERA**

Categoría	Sup/Km2	%
1 Muy baja concentración	74.69	41.09
2 Baja concentración	41.56	22.87
3 Mediana concentración	52.60	28.94
4 Alta concentración	12.91	7.10

Estos datos indican que en Tijuana este tipo de materiales se encuentran presentes aunque con distintos grados de concentración en prácticamente toda la mancha urbana.

La integración de la densidad poblacional, el uso del suelo y resistencia de la vivienda resulta en la caracterización de la vulnerabilidad social. De lo anterior resultan cuatro categorías de vulnerabilidad: muy baja con una superficie de 34%; baja con 31.59%; mediana con 23.45% y la de alta con 10.94%. Esto indica que las áreas que mayor porcentaje de superficie ocupan en la ciudad son de muy baja y baja vulnerabilidad. Estas áreas se encuentran ampliamente distribuidas en la mancha urbana (ver mapa 2), por lo que deben considerarse en el momento de determinar los riesgos. La clase de mediana vulnerabilidad es casi una tercera parte de la superficie total, y la sigue la de alta vulnerabilidad que aunque tiene un porcentaje relativamente bajo, se debe tomar en cuenta, especialmente porque esta clase está concentrada en dos áreas en la zona norte de la ciudad, pegada a la línea internacional, aledañas a las áreas determinadas en el apartado anterior como susceptibles a inundaciones y anegamiento.

### **DEGRADACION AMBIENTAL POR RIESGOS NATURALES**

Las áreas de riesgo se determinan a partir de la sobreposición de la susceptibilidad del relieve y la vulnerabilidad social. A continuación se presenta el cuadro 4 con cada categoría de riesgo, su clasificación, la superficie y el porcentaje que ocupan en la zona urbana de Tijuana:

**CUADRO 4. SUP. Y PORCENTAJE DE LOS DIFERENTES GRADOS DE CADA RIESGO**

Riesgo	Sup/Km2	%
<b>Inundación</b>	<b>29.04</b>	<b>16.71</b>
Muy bajo	7.98	4.58
Bajo	9.60	5.53
Medio	8.10	4.66
Alto	3.36	1.94
<b>Eros-remoc en masa</b>	<b>24.86</b>	<b>14.3</b>
Muy bajo	9.85	5.66
Bajo	6.79	3.91
Medio	6.31	3.63
Alto	1.91	1.1
<b>Anegamiento</b>	<b>23.76</b>	<b>13.67</b>
Muy bajo	9.01	5.18
Bajo	6.95	4.00
Medio	5.64	3.25
Alto	2.16	1.24
<b>Depositación</b>	<b>22.36</b>	<b>14.39</b>
Muy bajo	3.22	1.86
Bajo	6.70	3.86
Medio	9.81	5.65
Alto	2.63	1.51
<b>Nulo</b>	<b>131.75</b>	<b>70.46</b>

En este cuadro se observa que el mayor porcentaje lo ocupa el riesgo a inundación con el 16.71% de la superficie total.

Las áreas que presentan riesgos de inundación se encuentran agrupadas a lo largo del río Tijuana y el arroyo Alamar (Mapa 3), sobre áreas establecidas en este estudio como susceptibles a inundación. La peligrosidad se incrementa al correlacionar la vulnerabilidad social, cuya clasificación en estas zonas es mediana y alta. Estas categorías de vulnerabilidad están dadas principalmente por la densidad poblacional y el uso de suelo de tipo comercial.

En el mismo mapa se encuentra el riesgo de anegamiento que cubre el 13.67% de la superficie total y se localiza principalmente en la Mesa de Otay y en menor proporción en pequeñas áreas aisladas en la parte oeste del canal del río Tijuana y en el sur. Los riesgos de anegamiento con las categorías medio y alto en lo que corresponde a la Mesa de Otay están localizados sobre zonas con alta densidad poblacional. La zona del aeropuerto registra muy bajo riesgo de anegamiento debido a que no registra ni población ni vivienda que pueda sufrir percance.

En segundo término en cuanto a área cubierta, está el riesgo de erosión-remoción en masa que cubre una superficie de 24.86 km<sup>2</sup>, lo que representa el 14.3% de la superficie total y se ubica principalmente sobre las áreas de cañadas que de manera peculiar en Tijuana están ocupadas por asentamientos de carácter popular que aún no tienen una urbanización completa. Los riesgos de erosión-remoción en masa con niveles medio y

alto se concentran principalmente en las áreas con usos de suelo tipo residencial y en construcción (Mapa 4).

El riesgo por depositación de materiales cubre 22.36 km<sup>2</sup> del total, el mayor porcentaje lo ocupa el nivel medio, que se ubica en los extremos oeste y este de Tijuana (Mapa 4).

En suma el 59.07% del total, esto es, más de la mitad de la superficie de la mancha urbana presenta alguno de los tipos de riesgo establecidos en esta investigación (inundación, erosión-remoción en masa, anegamiento y depositación). Esto es el resultado del conjunto de factores físicos, demográficos, sociales y económicos que interactúan en este espacio geográfico.

## **CONSIDERACIONES FINALES Y PROPUESTAS**

La zona urbana de Tijuana, B. C., presenta un relieve accidentado en gran medida no adecuado para la urbanización. Esto quedó evidenciado en los resultados de este trabajo donde se observa que un poco más de la mitad de la superficie total presenta algún tipo de riesgo ambiental. No obstante, su ubicación como ciudad fronteriza hace que tenga una gran actividad económica que es un poderoso atractivo para la migración lo que provoca un crecimiento demográfico acelerado y por ende una urbanización explosiva en poco tiempo que sobrepasa en la mayoría de las veces las expectativas de los planes de desarrollo hechos hasta ahora. Por ello es necesario hacer las consideraciones pertinentes en los futuros planes de desarrollo a manera de mitigación, precaución y ordenamiento del territorio.

La forma ideal de evitar riesgos sería evacuar completamente las zonas que presentan un alto grado de los mismos y regresarle al suelo su uso natural. Pero en la mayor parte de los casos, esto sería una solución poco práctica, que conllevaría costos económicos altos y dificultades sociales (Smith, K., et al, 1979). Además, de acuerdo con el mismo autor, la Corporación de Ingenieros Americanos ha demostrado que los costos de evacuación podrían de manera general sobrepasar los beneficios y que sería más caro proveer servicios en el nuevo centro de establecimiento. También menciona los problemas legales que se suscitarían con tales políticas.

En contrapartida a lo anterior, se presentan aquí algunas sugerencias para las distintas zonas de riesgo cada una restringida a usos del suelo bien definidos. En el siguiente cuadro se muestra cada grado de riesgo antes descrito así como la propuesta para la ocupación del uso de suelo.

**CUADRO 5. NIVELES DE RIESGO Y PROPUESTA DE USO**

Nivel de riesgo	Propuesta para la ocupación del suelo
Nulo	Sin advertencia de uso
Muy bajo	Zona de precauciones mínimas
Bajo	Zona precautoria
Medio	Zona restrictiva
Alto	Zona prohibitiva



En las áreas de riesgo muy bajo y bajo, se considera posible el desarrollo residencial, industrial y de servicios públicos. Esto bajo la consideración del tipo de riesgo a que se está expuesto y se tomen las precauciones pertinentes.

En las zonas de riesgo medio es posible el desarrollo residencial con baja densidad y evitar en lo posible respecto a riesgo de erosión-remoción en masa proyectos industriales con edificaciones pesadas.

En lo que concierne a riesgo alto, no se considera adecuado el desarrollo sino para espacios abiertos, como áreas de esparcimiento, o áreas verdes.

Estas propuestas de uso van encaminadas al futuro desarrollo urbano a manera de precaución pero hay que recordar que varias de las áreas establecidas como de riesgo ya tienen algún tipo de uso del suelo, por lo que en estos casos es conveniente se considere el establecimiento de medidas remediales, como protección y reforzamiento de las construcciones y sobre todo vigilancia por parte de las autoridades.

## NOTAS

(1) El SIG hace posible almacenar, representar, manipular y analizar datos en grandes volúmenes, referidos espacialmente, digitalizando y codificando la información obtenida en cartografía temática, identificando los elementos lineales y areales de las unidades del paisaje

(2) SAVANE es un sistema de información geográfica cuyo objetivo es agrupar, manejar, analizar y cartografiar datos geográficos de diversos orígenes - datos de encuestas, de mapas temáticos, topográficos, de redes, de imágenes satelitarias, de fotografías aéreas, de modelos numéricos de terreno . El núcleo de SAVANE es un sistema de manejo de una base de datos relacional que incluye la localización de los mismos, y alrededor del cual se desarrollan numerosas funciones para el análisis espacial, la cartografía, la estadística y la PR. Se trata de un instrumento completo para el análisis y la investigación en geografía, la planificación urbana, el ordenamiento del espacio, el estudio y el manejo del medio ambiente.

(3) La PR engloba no sólo los procesos que permiten obtener una imagen desde el espacio, sino también su posterior tratamiento, en el contexto de una determinada aplicación, analizando la información obtenida, convirtiéndola en una clave temática o cuantitativa, orientada a facilitar la evaluación del problema en estudio, esta herramienta tiene conexión con el SIG, dentro de un planteamiento integrado del análisis del medio ambiente.

(4) Esta reclasificación es empírica ya que está realizada por apreciación subjetiva del propio autor

## CITAS BIBLIOGRAFICAS

**Alexander, D. 1993.** Applied geomorphology and the Impact of Natural Hazards on the built Environment. Revista Natural Hazards, núm. 4. Kluwer Publishers, Netherlands.

**Aragón-Arreola, M. 1994.** Evaluación de riesgo geológico debido a movimientos de ladera en la ciudad de Tijuana, B. C. Tesis de Maestría, CICESE, división Ciencias de la Tierra, departamento de Geología. México.

**Bocco, G., Sánchez, R., Riemann, H. 1993.** Evaluación del impacto de las inundaciones en Tijuana (enero de 1993). Uso integrado de Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica. En Rev. Frontera Norte, vol. 5, núm. 10, julio-diciembre de 1993. COLEF. México, pp. 54-58.

**Cardona, A. 1993.** Capítulo III: Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo, elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo, en Los desastres no son naturales. Comp. Por Maskrey, A. Tercer Mundo Editores, Colombia.

**Delgado-Argote, L., Hinojosa Corona, A., Aragón Arreola, M., Chávez Velasco, G., Mendoza Borunda, R., Frías Camacho, V. 1993.** Estudio de riesgo geológico en Tijuana con base en análisis geomorfológicos y estructurales y la respuesta del terreno en las áreas El Pastejé, El Pato y Cañada Verde. (Mimeo). Departamento de Geología. División de Ciencias de la Tierra. CICESE. México.

**Smith, K., Tobin, G. A. 1979.** Human Adjustment to the Flood Hazard. Topics in applied Geography Longman. London and New York.

**Tudela, F. 1993.** Población y sustentabilidad del desarrollo: los desafíos de la complejidad. Comercio Exterior. Vol. 43, núm. 8. México.

**Verstappen, H. Th. 1992.** Estudios de geomorfología en España. El concepto de geomorfología aplicada. Sociedad Española de Geomorfología. Murcia, España.

