



**El Colegio de la Frontera Norte
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada**

**Maestría en Administración Integral del Ambiente
Promoción 1994-1996**

RIESGOS NATURALES Y VULNERABILIDAD SOCIAL EN TIJUANA, B. C.

**Tesis que para obtener el grado de:
Maestra en Administración Integral del Ambiente**

Presenta:

María de Lourdes Romo Aguilar

Comité de Evaluación:

Director de Tesis: Dr. Alain Winckell (Univ. de Clermont-Ferrand, Francia, 1971)

Primer lector: Dr. José Acosta Chang (CICESE, México, 1980)

Segundo lector: M. C. Fernando Aragón (COLMEX, México, 1993)

Tijuana, B. C. 06 de Septiembre de 1996.

*A Miguel A. Romo A.q.e.p.d.,
Porque su presencia, amor y
Espíritu de superación
Vive en mí.*

*A J. Gustavo Córdova,
Por el apoyo, amor y
Responsabilidad compartida
Con esa bronca ternura sonoreense. EBRHEAC.*

*A mi hijo Luis Gustavo,
Porque con ese lenguaje sin palabras
Por medio de miradas y sonrisas
Me da la fuerza y motivación para seguir adelante. DtB.*

*A mi madre,
Por su infinita comprensión
Y amor, sin lo cual yo no estaría aquí ahora,
Haciendo esto. Te amo.*

CONTENIDO

Resumen

Lista de figuras

Lista de cuadros

Lista de mapas

Introducción

PARTE I. FUNDAMENTOS ESENCIALES PARA EL ESTUDIO DE LOS RIESGOS NATURALES

- I. Análisis conceptual**
- II. Tipologías de riesgo**
- III. Metodología**

PARTE II. ANTECEDENTES

IV. Marco geográfico general

Medio físico

Localización, límites y extensión

Morfología

Clima

Edafología

Geología

Hidrografía

Vegetación

Medio socioeconómico

Estructura y evolución de la población

Migración

Educación

Actividad económica

Vivienda

Infraestructura

V. Proceso de urbanización

Nacimiento de Tijuana 1874-1950
Crecimiento explosivo de la ciudad 1950-1970
Expansión urbana desmedida 1970-1994

PARTE III. RIESGOS NATURALES Y VULNERABILIDAD SOCIAL

VI. Susceptibilidad del relieve

Factores endógenos
 Geología regional
 Sismología

Factores exógenos
 Morfología
 Morfodinámica

Integración de los factores endógenos y exógenos para determinar la susceptibilidad del relieve

VII. Vulnerabilidad social

Densidad poblacional

Tipo de uso del suelo

Calidad de vivienda

Nivel de ingreso

Integración de las variables para determinar la vulnerabilidad social

VIII. Tipos y grados de riesgo en la zona urbana de Tijuana, B. C.

Riesgos de tipo uno

Riesgos de tipo dos

IX. Consideraciones finales y propuestas

Bibliografía

RESUMEN

Este trabajo aborda el análisis de los riesgos naturales y la vulnerabilidad social en la zona urbana de Tijuana, B. C. desde una perspectiva integral que incluye los aspectos socioeconómicos y los fenómenos dinámicos del entorno físico de la ciudad bajo el enfoque de sistemas complejos.

Los apartados que lo integran son tres, el primero se refiere a los fundamentos esenciales para el estudio de los riesgos naturales, comprende el análisis conceptual, las tipologías del riesgo y los aportes metodológicos de esta investigación. El segundo, denominado antecedentes incluye el marco geográfico general y el proceso de urbanización de la zona de estudio. El tercero, es sobre los resultados encontrados en cuanto a los tipos y grados de riesgos naturales y la vulnerabilidad de la sociedad. De igual manera en este último apartado se brindan las consideraciones finales y algunas propuestas.

LISTA DE FIGURAS

Número de figura	Nombre
1	Ecuación conceptual de riesgo
2	Esquema metodológico
3	Capas de información para determinar las zonas de vulnerabilidad social
4	Esquema conceptual para determinar riesgos naturales
5	Origen de la población de Tijuana, B. C.
6	Porcentaje de analfabetismo
7	Población económicamente activa por sectores
8	Crecimiento demográfico
9	

LISTA DE CUADROS

Número de cuadro	Nombre
1	Principales tipologías sobre riesgos
2	

LISTA DE MAPAS

INTRODUCCION

“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”¹.

En la afirmación anterior se pone de manifiesto una contradicción ambiental: por un lado se pretende alcanzar un modelo de desarrollo que sea armonioso con la naturaleza; mientras que por otra parte, 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 medio ambiente. Es en este contexto donde surge la inquietud por el estudio de los fenómenos naturales y la probabilidad de riesgo que pueda tener la sociedad por causa de éstos. La evaluación de los riesgos naturales persigue mitigar los efectos destructivos de los fenómenos tanto en el corto como en el largo plazo.

¹ Tudela, Fernando. (1993). Población y sustentabilidad del desarrollo: los desafíos de la complejidad. En: Comercio Exterior. Vol. 43, núm. 8. México, p. 698.

Lo anterior es especialmente importante en “países con pocos recursos económicos y técnicos, como el nuestro, donde la capacidad de respuesta y restablecimiento ante una perturbación de origen natural es lenta o incluso inexistente, por lo que la aplicación de medidas preventivas reduce la afectación y agiliza las etapas de respuesta y restablecimiento”².

La inadecuada interacción humana con el medio natural es un factor que desencadena o agrava situaciones de riesgo, lo que a su vez tiene repercusiones en los asentamientos humanos.

En áreas urbanas la actividad humana modifica la topografía natural y puede acelerar los procesos geológicos superficiales cuando edifica en áreas donde la pendiente es abrupta y realiza cortes verticales para tener una mayor área habitable (Strahler and Strahler, 1993).

Un claro ejemplo de lo anterior se observa en varias zonas de Tijuana, ya que su rápido crecimiento demográfico ha motivado el establecimiento de una considerable parte de su población sobre relieve accidentado, lo que implica un factor de riesgo.

Es por ello que en este trabajo se seleccionó la zona urbana de Tijuana, ya que con cierta frecuencia se presentan situaciones de riesgo, como las inundaciones

² Palacio, A. G. (1995). Ensayo metodológico geosistémico para el estudio de los riesgos naturales. Tesis de Maestría en Geografía. UNAM. México. p. 2.

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 (Bocco et al., 1993).

Los hechos explicados, ponen de manifiesto los problemas ambientales de Tijuana e impulsan estudios sobre riesgos como éste y otros realizados con anterioridad. En trabajos anteriores se ha abordado el análisis de los riesgos, principalmente desde el punto de vista geológico y geomorfológico.

Castro Valderrabano (1993), hizo un estudio en las áreas El Pato y el Pastejé, Tijuana, B. C., con la finalidad de describir los rasgos estructurales más importantes y su relación con la litología para la identificación de zonas con mayor inestabilidad, determinando valores empíricos de riesgo geológico, obtenidos del producto de la pendiente por la densidad de fallas y fracturas.

Delgado-Argote y colaboradores (1993) por su parte, se avocan al estudio del 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. Esto a raíz de los deslizamientos de terreno ocurridos en Tijuana durante las lluvias de principios de 1993, se realizó este análisis geológico regional y de sitios. En este estudio se identifican zonas de riesgo en la zona urbana que cumplen con una condicionante

lógica que involucra tres factores: lineamientos estructurales (fallas y fracturas), las pendientes del terreno y el tipo de litología. Se realizó trabajo a detalle en las áreas

de El Pastejé, El Pato y Cañada Verde-Sánchez Taboada. En ellas se efectuó una estimación cuantitativa empírica del riesgo a partir de la pendiente, la longitud total de fallas y fracturas y el producto aritmético de los valores numéricos de los factores anteriores, que define el Valor Empírico de Riesgo.

Bocco y colaboradores (1993), evalúan el impacto de las inundaciones en Tijuana ocurridas en enero de 1993. Utilizando percepción remota y sistemas de información geográfica. En este trabajo se analiza el impacto de las lluvias extraordinarias ocurridas en Tijuana en enero de 1993 (50 mm en menos de 24 horas, 210 mm en 14 días), que desencadenaron inundaciones severas con graves daños a la sociedad.

Posteriormente Aragón-Arreola (1994), realizan una evaluación del riesgo geológico debido a movimientos de ladera en la ciudad de Tijuana, B. C. Los objetivos principales de este trabajo son, en primera instancia, la evaluación a escala semiregional del peligro de ocurrencia de movimientos de ladera, que responden a una combinación de factores geológicos (estructurales, estratigráficos y litológicos), topográficos, geomorfológicos y antropogénicos para el área metropolitana. De lo anterior se buscó determinar el riesgo geológico derivado de esos movimientos de ladera a una escala local en algunos sitios seleccionados dentro de la ciudad.

Por su parte, Montalvo-Arrieta (1996), investigan los deslizamientos de laderas inducidos por terremotos en la ciudad de Tijuana, B. C. El propósito central de este trabajo es presentar una metodología para el análisis dinámico de la estabilidad de

laderas sujetas a deslizamientos del tipo rotacional ante la ocurrencia de terremotos y su aplicación se llevó a cabo en algunas zonas propensas a deslizamiento dentro de la ciudad. El efecto sísmico es introducido en el análisis dinámico a través de la aplicación de una energía sísmica en la base de la ladera propensa a deslizamiento. Esta energía sísmica es expresada como una densidad de energía por unidad de área la cual es microzonificada dentro de la región de estudio.

Como se observa por la relación de trabajos señalados, aunque los fenómenos naturales que ponen en riesgo a las ciudades se encuentran en diversas magnitudes en todo el territorio nacional, el caso de Tijuana, B. C. es especialmente significativo por la particularidad de su crecimiento, expansión territorial y dinámica poblacional, fenómenos tan complejos, que de acuerdo con Ranfla *et al* (1986), le confieren dentro del contexto del moderno proceso de urbanización de México, un lugar privilegiado.

Según Bocco (1993), esta urbe es bastante vulnerable ante situaciones de emergencia causadas por fenómenos naturales, debido a las deficiencias urbanas ocasionadas por el crecimiento explosivo de la ciudad en las últimas décadas. Tijuana cuenta además, con el inconveniente de haber crecido en una zona con condiciones fisiográficas difíciles para el crecimiento urbano. Considera también, que la ausencia de cualquier

esfuerzo serio de planeación ha contribuido de manera significativa para agudizar los rezagos urbanos y para incrementar las consecuencias negativas para sus habitantes y para el sector productivo de la ciudad.

En el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Tijuana (Mpio. de Tijuana, 1994), se afirma que “la prevención de desastres es demanda social y responsabilidad en primera instancia del municipio y el estado, misma que comparte con la comunidad”. Asimismo, en la Ley General de Asentamientos Humanos, publicada el 21 de julio de 1993, con respecto a la prevención de riesgos, se establece en el artículo 3o que: “El ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y el desarrollo urbano de los Centros de población tenderá a mejorar el nivel de vida de la población urbana y rural, mediante la prevención, control y atención de riesgos y contingencias ambientales urbanas en los centros de población”.

Con base en lo anterior se observa que la prevención de desastres se canaliza por medio del desarrollo urbano a través de la regulación de los usos del suelo que comprende tanto su planeación como su administración. De manera que el estudio de los fenómenos naturales peligrosos es de suma importancia en términos de prevención, mitigación y ordenamiento del territorio, constituyendo un insumo para la planeación urbana.

De ahí el interés de esta investigación, que aborda los riesgos naturales y la vulnerabilidad social desde una perspectiva integral que incluye los aspectos socioeconómicos y los fenómenos dinámicos del entorno físico de la ciudad. Este tratamiento permite tener un conocimiento real de la vulnerabilidad de la población y sus bienes materiales, así como su distribución espacial por medio de zonas. Esta zonificación da la pauta para realizar propuestas alternativas de uso de las diferentes áreas establecidas según su jerarquía de riesgo, con lo cual quedan sentadas las bases para el ordenamiento del territorio en términos de mitigación y precaución.

La hipótesis de trabajo de la que se parte es que, existe un gradiente de riesgos ambientales de origen natural que se asocia directamente con la forma de ocupación del espacio y el crecimiento desordenado de la zona urbana de Tijuana, B. C.

Como hipótesis secundaria se considera además, que los riesgos son mayores en zonas más pobres y con menos infraestructura urbana.

El objetivo general es caracterizar los riesgos ambientales de orden natural más significativos en la zona urbana de Tijuana, B. C., en relación con su contexto socioeconómico.

Los objetivos específicos son:

- Conocer el proceso de urbanización y de crecimiento poblacional a partir de la conformación de la ciudad (aproximadamente 1889).
- Establecer los diferentes grados de susceptibilidad del relieve de acuerdo con factores endógenos (características geológicas y sismicidad) y factores exógenos (geomorfología y morfodinámica).
- Determinar la vulnerabilidad social, a partir del tipo de uso de suelo, calidad de la vivienda y densidad poblacional.
- Establecer los tipos y grados de riesgo ambiental de orden natural en la zona urbana de Tijuana y ubicarlos espacialmente.

El cumplimiento de los objetivos planteados se expresa en las diferentes partes que integran este trabajo.

La parte I denominada Fundamentos Esenciales para el Estudio de los Riesgos Naturales contiene tres capítulos, el primero es el referente teórico-conceptual, en el segundo se abordan las principales tipologías del riesgo natural y en el tercero se plasman los aportes metodológicos.

La parte II, definida como Antecedentes, está integrada por los capítulos IV y V, donde se da una descripción del marco geográfico general de la zona de estudio y se analiza el proceso de urbanización respectivamente.

En la parte III, sobre Riesgos Naturales y Vulnerabilidad Social, se presentan los resultados de la investigación en Tijuana. En el capítulo VI se expone la susceptibilidad del relieve, esto es, los procesos que de manera natural ocurren en el área de interés, a través del análisis de factores endógenos (geología regional y sismología) y exógenos (morfología y morfodinámica). El capítulo VII, se refiere a la vulnerabilidad social determinada a partir de la integración de variables sociodemográficas y algunas de tipo económico, tales como densidad poblacional, tipo de uso de suelo, calidad de la vivienda y nivel de ingreso. En el capítulo VIII, se exponen los tipos y grados de riesgo encontrados en la investigación. Finalmente, en el capítulo IX, se presentan las consideraciones finales y algunas propuestas.

PARTE I. FUNDAMENTOS ESENCIALES PARA EL ESTUDIO DE LOS RIESGOS NATURALES

I. ANÁLISIS CONCEPTUAL

Existen dos enfoques principales respecto a riesgos naturales, el “dominante” según Hewitt (1983) y el que habla de la relación hombre-ambiente en los desastres naturales (Still, 1992), ambos citados por Palacio (1995). El primer enfoque le da mayor importancia a los procesos geofísicos que a los desastres naturales y asume que la tecnología puede resolver la mayoría de los problemas de peligro-desastre; el otro enfoque, se basa en que la idea de riesgo natural sólo puede existir en la presencia de una comunidad humana vulnerable y que un desastre natural es una característica de las sociedades y los lugares. Al describir el desastre natural como una característica se refiere a la concepción humana de daño ante la ocurrencia de un fenómeno natural destructivo.

En los diferentes trabajos sobre riesgos y como se observa en el párrafo anterior, se manejan indistintamente términos como riesgo, desastre, peligro ambiental, siniestro, calamidad, entre otros, lo cual puede crear confusiones al tratar de hablar del mismo problema, por lo que a continuación se presentan algunos conceptos de uso actual para finalmente presentar el que se utiliza en este trabajo.

Riesgo (Turner, 1976). Un evento concentrado en tiempo y espacio, el cual amenaza una sociedad con consecuencias mayores no deseadas como resultado del colapso de las precauciones.

Peligro ambiental (Panizza, 1991). Probabilidad de que cierto fenómeno (natural o más o menos inducido por el hombre) pueda ocurrir en cierto territorio en un periodo de tiempo dado.

Riesgo ambiental (Panizza, 1991). Es la probabilidad de que las consecuencias económicas y sociales de un fenómeno peligroso pueda exceder determinado umbral. Por tanto el riesgo ambiental es igual al producto del peligro ambiental multiplicado por la vulnerabilidad de un área.

Desastre natural (Maskrey, 1993). Es la correlación entre fenómenos naturales peligrosos y determinadas condiciones socioeconómicas y físicas vulnerables.

Riesgo geológico (Aragón-Arreola, 1994). Conjunto de procesos que atañen a la litósfera y que pueden llegar a dañar la integridad de los hombres y de sus bienes materiales.

Para los fines del presente estudio se define el riesgo ambiental de orden natural, como la probabilidad de que un fenómeno peligroso originado en el medio físico y que amenaza una población, tenga graves consecuencias económicas y sociales.

Como se observa, las definiciones son en cierta forma semejantes ya que todas hablan de un sistema natural y un sistema social, lo que hace bastante complicado el estudio de los riesgos, tanto como la interacción naturaleza-sociedad; por ello, esta investigación considera el riesgo como un sistema complejo, en contraste con lo que ocurría hasta hace una década aproximadamente, donde prevalecía en los trabajos sobre desastres una visión parcial que se enfocaba en catalogarlos como sucesos de desgracia, provocados por fenómenos naturales peligrosos de carácter repentino e incontrolable.

De acuerdo con Macías (1995), hasta esos años, el saber, en relación con estos acontecimientos, en la mayoría de los países estaba centrado en las ciencias de la naturaleza y las acciones reparadoras tendían a ser sólo asistenciales o bien obras de ingeniería. Se consideraba que el peligro tenía que ver principalmente con los fenómenos naturales y no se tomaba en cuenta los aspectos sociales, que en un momento determinado pueden incrementar el factor de riesgo.

En los últimos años, afortunadamente, ha cambiado la manera de abordar el tema de riesgos naturales y la concepción acerca de los mismos. Resultando trabajos cuyo

énfasis se encuentra en la recurrencia de estos procesos y en la vulnerabilidad socioeconómica de la población afectada. Se considera además, que el análisis de los aspectos sociales en su interrelación con los aspectos naturales que originan un fenómeno peligroso es útil en términos de prevención y mitigación del riesgo.

La evaluación de riesgos ambientales en la zona urbana de Tijuana, se presenta a través de una perspectiva integral sobre los aspectos socioeconómicos representativos y los fenómenos dinámicos del entorno físico de la ciudad.

El concepto de riesgo urbano-ambiental se hace a través del análisis de sistemas, para ello se parte de la conceptualización que hace Duval (1992) sobre el sistema complejo, el cual designa como “sistema” al conjunto de elementos heterogéneos que funcionan como una totalidad con un cierto grado de organización y “complejo” se aplica cuando los elementos del sistema pertenecen al dominio de distintas disciplinas. La complejidad surge de la inseparabilidad de los elementos.

El conjunto de hechos que se denomina sistema, no tiene límites precisos, toda investigación se plantea por consiguiente como un “recorte” de la realidad. Esto es, el sistema no está dado, sino que se debe construir.

De acuerdo con Rolando García (1986), se requiere de una visión sistémica para abordar la problemática ambiental. Este autor define un sistema integral como el

conjunto de elementos que intervienen dentro de la problemática y que tiene a sus partes interrelacionadas y con interacciones con los sistemas restantes. Lo anterior constituye una propuesta de metodología para el trabajo interdisciplinario y a la vez un marco sobre el cual se fundamenta este trabajo con bases epistemológicas. Los componentes del sistema son unidades complejas o subsistemas que interactúan entre sí y que determinan la estructura del mismo, a su vez estos subsistemas se pueden analizar como sistema en otro nivel de estudio.

A partir de estas consideraciones, se establece la zona urbana como el sistema y los subsistemas son el medio natural y el medio social integrados a su vez por elementos como geomorfología y densidad poblacional entre otros, que se abordan a través de distintos campos disciplinarios.

De hecho, en una reunión de expertos sobre el estudio estadístico de riesgos naturales (Fournier, 1979) se elaboró una ecuación conceptual muy completa (Figura 1), que abarca los elementos básicos en un estudio aplicado de riesgo como éste. Incluye componentes naturales como la peligrosidad del fenómeno, y componentes humanas y combinadas como el valor (componente humana, porque la apreciación de valor se la da el hombre) y la vulnerabilidad (componente combinada, porque interactúan aspectos humanos y naturales).

De acuerdo con Palacio (1995), la interpretación más generalizada de la ecuación es la siguiente: la peligrosidad estudia la agresividad del fenómeno en términos absolutos, es decir, su magnitud física, su ocurrencia y su cobertura espacial, sin considerar aún su afectación al entorno cultural. El valor estima cuantitativamente la susceptibilidad al daño y/o pérdida de vidas humanas, infraestructura y capacidad productiva por los efectos destructivos del fenómeno, dándole al estudio de la peligrosidad un carácter aplicado.

Finalmente la vulnerabilidad considera las posibilidades técnicas y económicas de prever o mitigar los varios efectos destructivos del fenómeno y la capacidad de la propia naturaleza para absorber el avance del mismo. La vulnerabilidad permite entonces evaluar los grados de exposición de las zonas ocupadas por grupos humanos susceptibles de ser afectados por el fenómeno.

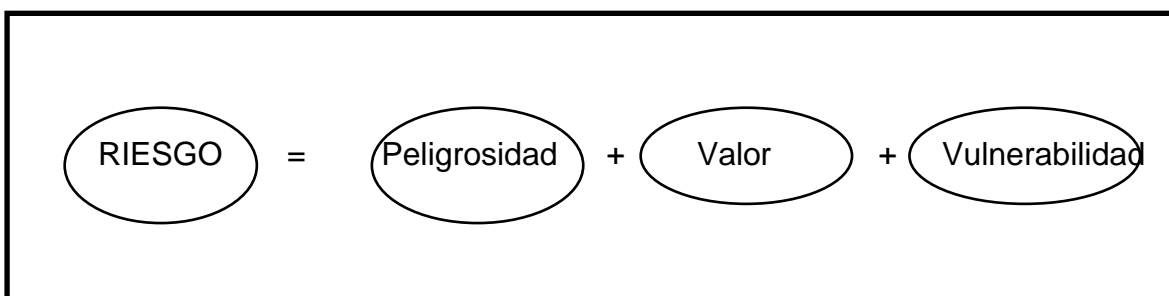


Figura 1. Ecuación conceptual de riesgo. Tomado de Palacio (1995).

Retomando el enfoque de Still y a partir de esta ecuación conceptual, este estudio de riesgos se aborda a partir de dos componentes principales: susceptibilidad del terreno y vulnerabilidad social. El primero se refiere a lo que es en la ecuación la peligrosidad y el segundo engloba el valor y la vulnerabilidad.

La susceptibilidad del terreno se refiere al “funcionamiento, fragilidad y capacidad de asimilación del ambiente físico ante la ocurrencia de un fenómeno perturbador”³.

Este fenómeno perturbador se puede clasificar de acuerdo con su origen, en dos categorías: a) Exógenos, son los procesos generados cerca o en la superficie terrestre, y b) Endógenos, que se refiere a aquellos procesos generados en la corteza terrestre.

La vulnerabilidad 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”⁴.

³Alexander D., Applied geomorphology and the Impact of Natural Hazards on the built Environment. Revista Natural Hazards, núm. 4, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, p. 60.

Cada componente se conforma a partir de una serie de variables que están sistemáticamente relacionadas y tienen expresión cartográfica individual y en conjunto, tal y como se explica en la metodología. La conjunción de ambos componentes permite determinar los tipos de riesgo.

En esta investigación se encontraron cuatro principales riesgos de orden natural que ocurren en la zona urbana de Tijuana, B.C., éstos son: anegamiento, inundación, depositación y erosión-remoción en masa. Debido a que éste es el apartado conceptual y a que los términos se utilizarán de manera frecuente a lo largo de este trabajo, se considera conveniente establecer sus definiciones en este momento.

El anegamiento es cuando el agua cubre totalmente una superficie.

Inundación, es el desbordamiento del agua respecto al lecho del río, pero esta agua tiene salida más rápida por la propia pendiente del río, a diferencia del anegamiento donde no tiene salida el agua de una manera tan rápida.

⁴Cardona, A., 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, compilado por Maskrey, A., Tercer Mundo Editores, Colombia, 1993, p. 61.

Deposición, es la acumulación en la superficie de tierra firme del conjunto de materiales (sedimentos) que han sido transportados y depositados por uno o más agentes (aguas de escurrimiento, viento, etc).

Erosión-remoción en masa, se refiere al conjunto de procesos por medio de los cuales se produce separación de los productos del intemperismo del sustrato original. Se agruparon en esta categoría los procesos de erosión y de remoción en masa porque ambos tienen lugar bajo las mismas condiciones generales, la segunda se refiere específicamente a la remoción de material por procesos gravitacionales y escorrentía.

El hecho de clasificar los riesgos referidos como de orden natural atiende a un criterio de clasificación que se explica en el capítulo siguiente, donde se explican los diferentes criterios que actualmente se utilizan para establecer las tipologías más comunes sobre riesgos.

II. TIPOLOGÍAS DE RIESGO

De acuerdo con Palacio, op. cit., las tipologías en riesgos son esquemas establecidos bajo distintos criterios, para ordenar sistemáticamente la ocurrencia de fenómenos o agentes perturbadores y/o elementos afectables. Simplifican los estudios comparativos y estructuran las semejanzas o diferencias entre los objetos de estudio. Las tipologías son útiles para la identificación de los agentes o fenómenos perturbadores que puedan provocar situaciones de riesgo, también para el diseño de bases de datos para inventarios sobre riesgos y en el proceso de evaluación final al permitir dar valores a priori sobre las zonas expuestas.

No existe un esquema que integre todas las variables, sino diferentes clasificaciones de acuerdo al origen del riesgo, sus efectos y su peligrosidad.

En una panorámica general sobre las tipologías de riesgo, se consideran como principales criterios de tipificación, su origen o naturaleza; los efectos y consecuencias que pueda tener una vez que pasa de riesgo a desastre; la frecuencia o tipo de ocurrencia; y finalmente, el tiempo de advertencia (cuadro 1).

Criterios de tipificación	Autores	Tipología			
Origen o naturaleza	Burton y Kates (1964)	Origen	Geofísico-	Climáticos-meteorológicos Geológicos-geomorfológicos	
	Faugeres (1991)		Sistemas	Biológico-	Florales Faúnicos
	Secretaría de Gobernación Atlas Nacional de Riesgos (1991)	Agentes perturbadores		Socioeconómico	Interna Externa Ecodinámica actividades primarias actividades industriales servicios transporte otras
Efectos y/o consecuencias	Alexander (1991)		Efectos	Muy alto Alto Medio Bajo Muy bajo	Consecuencias Directas Encadenadas
Frecuencia o tipo de ocurrencia	Alexander (1991)	Intensivos Perniciosos Azarosos Ocasionales Progresivos		Complejos Estacionales Poissonianos Diurnos Irregulares	
Tiempo de advertencia	Lechat (1990)			Fases	Anticipativa De alarma Rescate Ayuda Rehabilitación

Cuadro 1. Principales tipologías sobre riesgos. Tomado de Palacio, op. cit. p. 23

Hoy día, en un intento pragmático de sistematizar y conocer las variables que integran el riesgo se le clasifica como de origen natural (geológico e hidrometeorológico) y humano (químico, sanitario y socio-organizativo). Macías

(1996), hace una descripción muy precisa de los mismos, a continuación y con base en dicho autor se enuncian los principales riesgos asociados a cada categoría.

Fenómenos geológicos

Los riesgos tipificados como de origen geológico incluyen básicamente los siguientes fenómenos destructivos o calamidades: sismos, erupciones volcánicas, deslizamiento y colapso de suelos, hundimientos y agrietamiento, y algunas de las consecuencias de los sismos y erupciones volcánicas importantes, como los maremotos (tsunamis) y lahares, entre otros.

Fenómenos hidrometeorológicos

Estos son los que más perjuicios han ocasionado a lo largo del tiempo por su periodicidad de ocurrencia. Dentro de esta categoría se encuentran los ciclones tropicales, inundaciones, nevadas, granizadas, sequías, lluvias torrenciales, temperaturas extremas, tormentas eléctricas, mareas de tempestad e inversiones térmicas.

Fenómenos tecnológico-industriales y químicos

Aquí se encuentran los incendios y explosiones, que frecuentemente son resultado de actividades humanas en las grandes concentraciones poblacionales y del propio desarrollo tecnológico, que implica el uso de energía y de sustancias volátiles e

inflamables. Existen otros dentro de esta categoría, como incendios forestales y envenenamientos por fuga de sustancias tóxicas.

Fenómenos sanitarios

Dentro de esta clasificación destaca la contaminación en todas sus modalidades y las epidemias. También aquí se incluyen las plagas.

Fenómenos socio-organizativos

Aquí se encuentran aquellas manifestaciones del quehacer humano, asociadas directamente con procesos del desarrollo económico, político, social y cultural de la sociedad, como accidentes aéreos, terrestres, marítimos y fluviales, la interrupción o desperfecto en el suministro u operación de servicios públicos y sistemas viales; conflictos originados por concentraciones masivas de población. Macías op. cit., incluye las demostraciones de conducta antisocial, como los actos de sabotaje y terrorismo.

Para los fines de esta investigación, y de acuerdo a las tipologías descritas, se analiza sólo lo referente a los riesgos de origen natural.

III. APORTES METODOLÓGICOS

En primera instancia se procede a realizar una revisión documental y bibliográfica del marco geográfico general, del proceso de urbanización y del crecimiento poblacional.

Posteriormente se estima el **riesgo** 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 2:

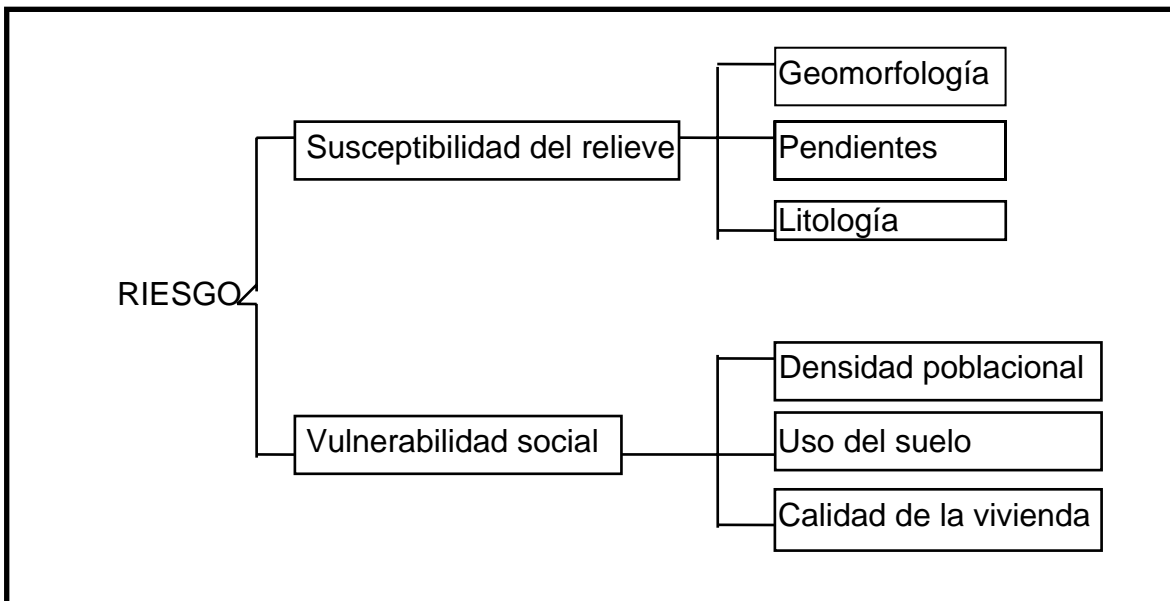


Figura 2. Esquema metodológico

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 (Bocco, et al. 1993; Delgado-Argote et al. 1993; Aragón-Arreola, 1994): la

geomorfología que se refiere a la formas y procesos del relieve⁵, la pendiente del terreno que cuando es mayor a un cierto valor constituye un peligro para la población y la litología que se refiere en este estudio a correlacionar el tipo de material de la zona de estudio con los dos elementos anteriores, básicamente si se trata de una zona sedimentaria poco consolidada (terreno incompetente) o de zonas con rocas cristalinas (material competente).

Cada uno de estos tres elementos se maneja como una capa de información en un Sistema de Información Geográfica (SIG)⁶ llamado SAVANE⁷.

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

⁵ Esas formas son el resultado de la acción de los agentes climáticos a través de una serie de procesos de ataque, es decir, procesos de erosión que modelan las formas estructurales que son, a su vez, el resultado de una evolución geológica.

⁶ El estudio de un sistema complejo requiere el manejo de una gran cantidad de datos espaciales, expresados en diferentes niveles o planos de información, para lo cual es muy útil el uso de un SIG. 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 (Chuvienco, 1990).

⁷ 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.

Remota (PR)⁸. Para determinar la geomorfología se contextualiza el medio físico del área de estudio haciendo referencia a la geología regional y a la sismología a partir de las investigaciones realizadas en el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE).

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. Para interrogar al SIG se establecen previamente las premisas que satisfagan la definición de cada uno de estos cuatro tipos de susceptibilidad del relieve⁹. Las premisas son:

⇒

⇒

⇒

⇒ Si la pendiente es de 0 a 2° y se trata de alguna de las siguientes geoformas:

mesa plana o mesa ligeramente ondulada además de encontrarse en terreno incompetente¹⁰ entonces *anegamiento*

⁸ 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.

⁹ En este estudio se consideran específicamente estos cuatro tipos de susceptibilidad del relieve ya que en la literatura se han referido como los más significativos en Tijuana, B. C.

¹⁰ Las cuatro premisas se refieren a material incompetente ya que como se explica en el capítulo cinco, la zona urbana de Tijuana se asienta fundamentalmente sobre este tipo de terreno.

- ⇒ Si la pendiente es de 0 a 4° y se trata de algún tipo de lecho aluvial además de encontrarse en terreno incompetente entonces *inundación*

- ⇒ Si la pendiente es de 0 a 10° y se trata de alguna de las siguientes geoformas: terraza marina, lomerío y piedemonte además de encontrarse en terreno incompetente entonces *depositación*

- ⇒ Si la pendiente es mayor de 10° y se trata de alguna de las siguientes geoformas: cañadas, cerros, lomeríos además de encontrarse en terreno incompetente entonces *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 2 incluye tres elementos: densidad poblacional establecida en habitantes por km², 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 uso¹¹ 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.

¹¹ Esta reclasificación es empírica ya que está realizada por apreciación subjetiva del propio autor

Con respecto al último punto, se tiene que en Tijuana predominan básicamente dos tipos de material de construcción: madera y concreto, por lo que resultan dos tipos de resistencia de la vivienda, ya que el comportamiento de ésta ante un evento natural peligroso es diferente. Esta información se encuentra a nivel de área geoestadística básica (AGEB) y en formato digital en el proyecto denominado “Base de datos SIG Programa Binacional Cuenca Vertiente Río Tijuana” que se realiza de manera conjunta entre El Colef-Orstom¹². De igual manera se incluye la información al respecto proporcionada por el Ayuntamiento de Tijuana, el INEGI y otras instituciones.

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 social (Figura 3). Como se observa, resultan dos tipos de vulnerabilidad social.

Cabe mencionar que se ha analizado también el nivel de ingreso a fin de sustentar la hipótesis planteada, pero este elemento no se sobrepone con los otros tres anteriores sino que se analiza la correlación entre éste con los dos tipos de vulnerabilidad social y con los resultados de riesgos.

¹² ORSTOM, es un instituto creado en 1944, llamado inicialmente “Office de la Recherche Scientifique et Technique d’Outre-mer” (Oficina de la Investigación Científica y Técnica de Ultramar) y convertido actualmente en el “Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération” (Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación).

Los grados de vulnerabilidad social están en función de una relación directamente proporcional entre esas capas de información, esto es, a mayor densidad poblacional + mayor inversión monetaria en uso del suelo + mayor concentración de viviendas de madera (ó concreto) entonces mayor vulnerabilidad social.

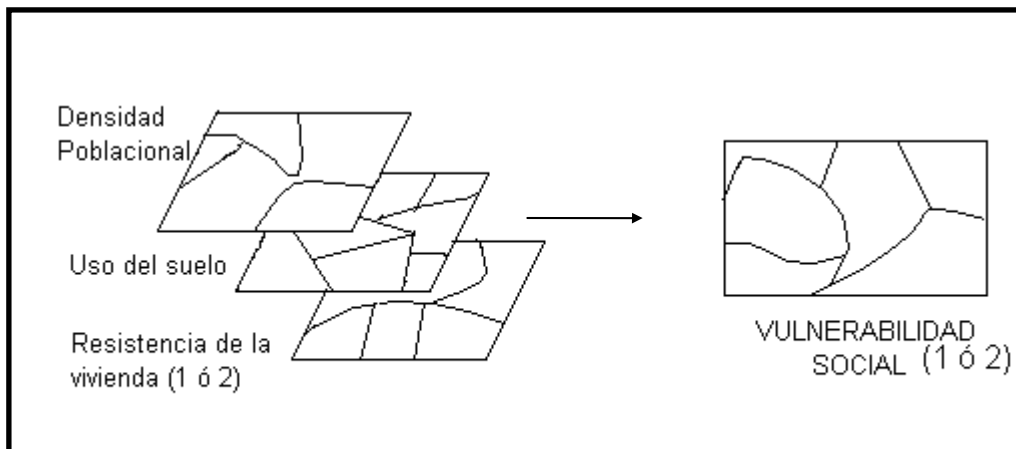
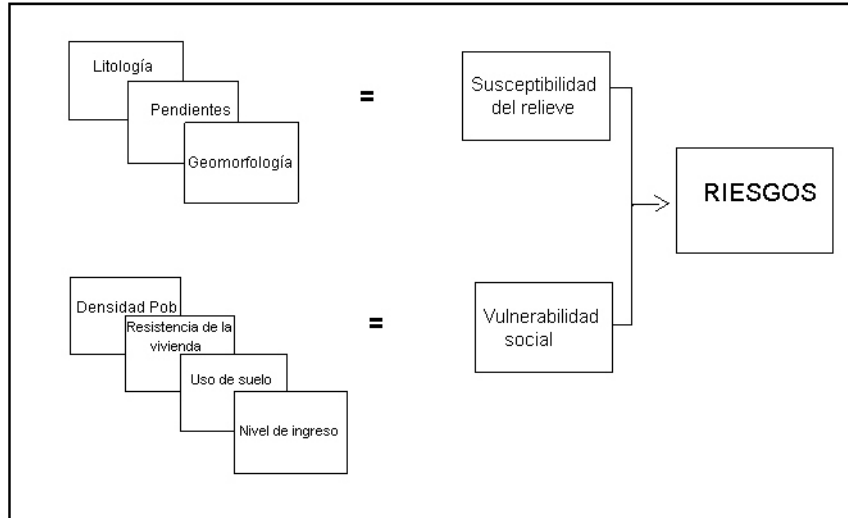


Figura 3. Capas de información para determinar las zonas de vulnerabilidad social

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).

Actualmente este instituto tiene un convenio de intercambio académico con El Colef, razón por la cual ha sido posible utilizar el SIG llamado SAVANE.



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 (Figura 4):

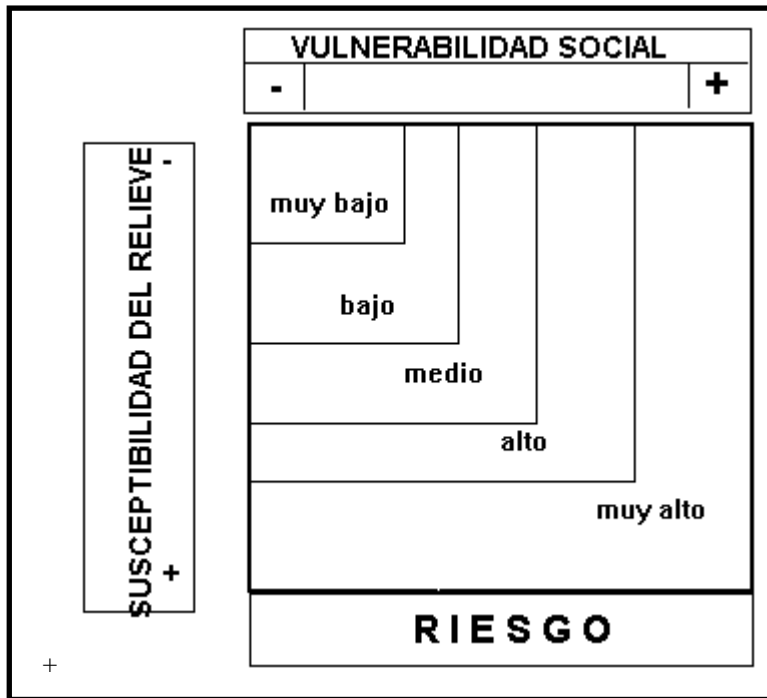


Figura 4. Esquema conceptual para determinar riesgos naturales

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, como se observa en el análisis de los capítulos correspondientes.

PARTE II. ANTECEDENTES

IV. MARCO GEOGRÁFICO GENERAL

Se enmarca el contexto de este centro de población bajo el apartado denominado marco geográfico general donde se presenta a grandes rasgos el panorama que presenta la ciudad.

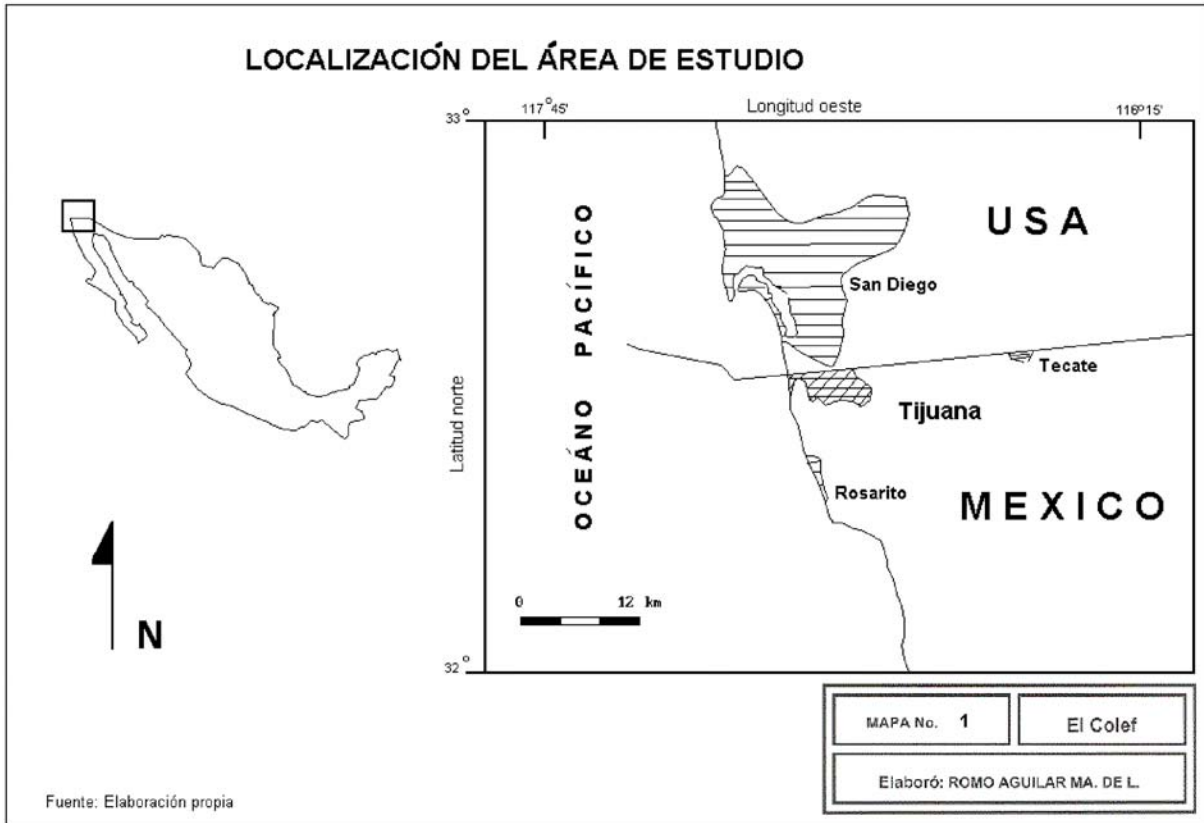
Dentro del medio físico se tocan temas como localización, morfología, clima, edafología, geología, hidrografía y vegetación. Respecto al medio socioeconómico se abordan temas como estructura y evolución de la población, migración, educación, actividad económica, vivienda e infraestructura.

Medio físico

Localización, límites y extensión

La zona urbana de Tijuana se localiza en el extremo noroeste del estado de Baja California. Es la cabecera municipal y se asienta en el valle del Río Tijuana. Limita al norte con el condado de San Diego California, EUA, al oeste con el Océano Pacífico, al este con la Sierra de la Gloria y al sur se toma como límite el parteaguas de la cuenca vertiente unitaria (Mapa 1).

MAPA 1



De acuerdo con la proyección Universal Transversa de Mercator (UTM), la zona de estudio está en la zona 11 cuyo meridiano central es el 117°W y las coordenadas limítrofes son: al sur, 3 584 000N; al norte, 3 606 000N; al poniente, 487 000W y al oriente, 515 000W.

Morfología

La morfología está definida básicamente por el valle del Río Tijuana que divide la Mesa de Otay al norte y noroeste, del “conjunto de lomeríos con forma alargada” que se localizan al sur de la ciudad. La zona de la Mesa de Otay está conformada por mesetas disectadas por pequeñas cizalladuras, y las formas predominantes en el sur son lomeríos alargados. Otros rasgos morfológicos a mencionar son: el Cerro Colorado, la Sierra de la Gloria y la Sierra de la Presa, éstos se encuentran al este de la mancha urbana (Mapa 2).

Clima

El clima es mediterráneo con lluvias en invierno, templado con verano cálido, temperatura media anual entre 12°C y 18°C. Su régimen de lluvias es invernal, se presenta por lo menos tres veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo de la mitad fría del año que en el mes más seco y un porcentaje de lluvia invernal mayor que 36% de la anual. La precipitación pluvial es 27.03 mm en promedio (Mpio. de Tijuana, 1994).

Edafología

Los suelos más abundantes son los vertisoles crómicos mezclados con regosoles eútricos de textura fina. Los vertisoles se caracterizan por presentar grietas anchas y profundas en la época de sequía que, cuando están húmedos se vuelven barrocos, se anegan con facilidad por drenaje insuficiente, se les conoce como suelos expansivos debido a que provocan hundimientos diferenciales y cuarteaduras en las construcciones. Los regosoles no presentan capas distintas, son claros y se parecen a la roca que les dio origen, son generalmente arenosos y sufren el riesgo de que sean transportados por un flujo de agua creándose huecos que producen hundimientos. Se les conoce como suelos granulados sueltos por su textura fina. En la parte superficial del suelo contienen arcilla.

Otro tipo, aunque poco abundante, es el feozem calcario con vertisol crónico de textura fina. Se le localiza en la parte sur-central en el límite de la mancha urbana. Tienen una capa superficial obscura, suave y rica en material orgánico y nutrientes, por lo que su uso agrícola produce altos rendimientos.

Finalmente, en pequeñas proporciones, el litosol con regosol eútrico o feozem háplico de textura media, se localiza en el oriente de la mancha urbana en los cerros y zonas aledañas. Son suelos sin desarrollo, con profundidad de menos de 10 cm y tienen características muy variables según el material que los forma (Mpio. de Tijuana, 1994).

Geología

El tipo de suelo predominante está formado por rocas sedimentarias compuestas por conglomerados inestables (arenas y limos), medianamente compactadas, que al combinarse con las fuertes pendientes que presentan algunas áreas de la ciudad ocasionan riesgos para los asentamientos, debido a la presencia de movimientos telúricos que pueden originar deslizamientos o derrumbes de terrenos. Ocupan una gran parte de la zona central, noroeste y suroeste, formando una franja costera en los límites con el Océano Pacífico.

Cercanas a la actual mancha urbana, se encuentran algunas fallas localizadas básicamente al noreste sobre la mesa de Otay y al poniente sobre las zonas cerriles. También se presentan algunas fracturas al sur. Cabe destacar que los sistemas de fallas son mucho más amplios y complejos, como se señala en el capítulo de susceptibilidad del relieve.

Hidrografía

Los elementos hídricos dentro del área de estudio forman parte de la región hidrológica número uno (clasificada por la SARH), cuya corriente principal es el río Tijuana. Las aguas de éste se originan en la Sierra de Juárez, a 14 kilómetros al sur de la ciudad. Su caudal es captado por la presa Abelardo L. Rodríguez de donde se dirige hacia el Noroeste hasta unirse con el arroyo Alamar y continuar hasta atravesar la ciudad para después internarse en territorio de los Estados Unidos de América.

La presa Abelardo L. Rodríguez se localiza al sureste de la ciudad, sobre una barranca de 40 metros de profundidad y 230 metros de ancho, con capacidad de almacenamiento de 133 millones de metros cúbicos (mermada en dos millones de metros cúbicos por azolvamiento del vaso) (Mapa 2).

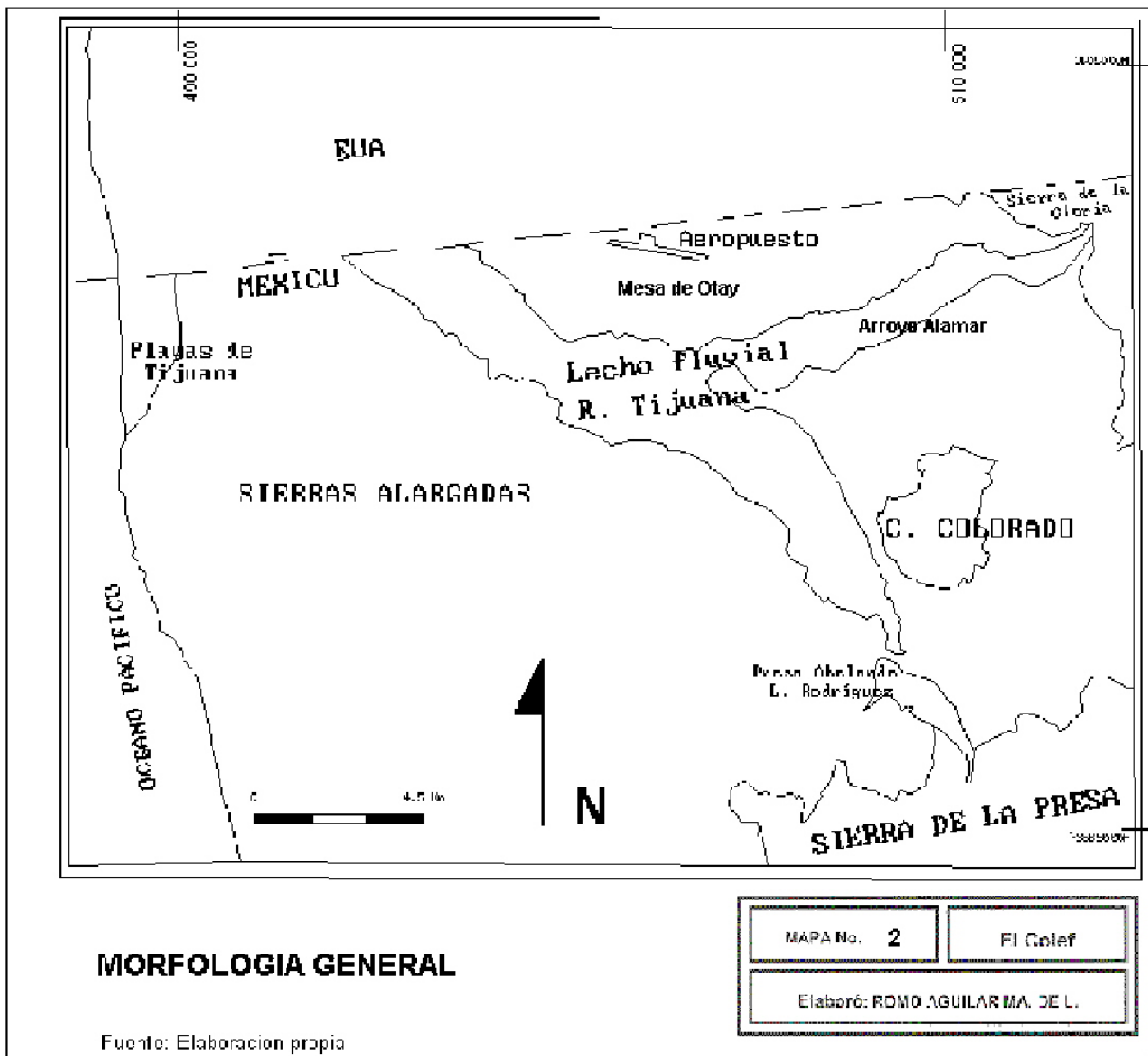
El arroyo Alamar se origina en territorio de los Estados Unidos, donde es controlado por las presas Morena y Barrett. Entra a territorio mexicano a través del cañón del Padre, cruza la Mesa de Otay en dirección Oriente-Poniente y se une al Río Tijuana (Mapa 2).

Cuenta también con varias corrientes de carácter estacional o intermitente, afluentes del Río Tijuana que escurren principalmente a través de numerosos cañones que limitan al sur, sur-poniente y poniente de la ciudad. A pesar de su bajo potencial hídrico representan un problema serio, ya que la mayoría de ellos desembocan en la ciudad misma, provocando erosión, azolvamiento de los drenajes e inundaciones a lo largo del Río Tijuana.

Vegetación

El tipo de vegetación predominante es el matorral que se localiza en lomeríos, mesas, arroyos y bajíos de naturaleza temporal. Representan una protección al suelo contra la erosión hídrica y eólica. También existen distintas clases de árboles de más de cinco metros de altura, predominando el sauce, romerillo, álamo, chamizo amargo y saúco.

Mapa 2



Los pastizales naturales son poco abundantes en la zona y se los localiza principalmente al sur de la mancha urbana. Estas áreas deben manejarse como de preservación ecológica. El uso agrícola está compuesto por siembras de riego y de temporal. Se le localiza en el cerro Las Abejas y hacia la carretera Tijuana-Mexicali, al sur-orientado de la ciudad (Aguirre, 1990).

Medio socioeconómico

El proceso de urbanización de la ciudad de Tijuana con su dinámica constante, depende de factores tales como la población, su crecimiento, distribución, composición y movilidad entre otros. Estos son muy difíciles de predecir y controlar, tomando en cuenta especialmente su ubicación geográfica. Es una ciudad cuya característica principal es el continuo desplazamiento de población relacionado con el movimiento migratorio entre México y Estados Unidos de América; así como el hecho de que la economía está estrechamente ligada a la economía del vecino estado de California.

Estructura y evolución de la población

Según el Censo de Población y Vivienda de 1990, el municipio de Tijuana contaba con una población de 747,381 habitantes, mientras que en el Conteo de Población y Vivienda de 1995 se registra una población de 991,592 habitantes. Su ritmo de crecimiento intercensal 1980-1990 definió una tasa de crecimiento anual de 4.9%, lo

que determina que su población actual podría duplicarse en 14 o 15 años aproximadamente.

En el año de 1950 el censo registró una población de 65,364 habitantes, por lo que en un periodo de 45 años multiplicó poco más de 15 veces su población total.

Según el censo de INEGI de 1990, de la población total de la ciudad, el 50.1% corresponde a la población masculina y el 49.9% a la población femenina, de tal forma que la composición por sexo al igual que en el Estado y en el país es casi igual en ambos. Para 1995, el 50.5% corresponde al sexo masculino y el 49.5% al femenino, como se observa no hay una variación significativa (INEGI, 1995).

La población de la ciudad está en una etapa de transición de “población joven” a “población intermedia”. En 1990, el 34.2% es menor de 15 años y sólo el 3.0% tiene 65 años y más. En la década pasada (70-80), la relación fue de 40.8% y 3.1% (INEGI, 1980, 1990). En 1995, el 34.02% es menor de 15 años y el 3.05% cuenta con 65 años y más, por lo que en ese quinquenio no se registran cambios importantes en este rubro. La actual edad mediana del municipio es de 21 años

Migración

La migración es un factor de gran importancia dentro del crecimiento urbano, rebasando el ámbito local, para situarse en un marco más amplio que abarca el

contexto internacional; situación imprescindible de considerar cuando se abordan problemas de desarrollo urbano.

De acuerdo con la información del Censo de 1990, en Tijuana se registró que el 56.0% del total de su población nació fuera del estado (Figura 5). De éstos, 17.8% nació en Jalisco, 12.5% en Sinaloa, 9.4% en Michoacán y 9.3% en el Distrito Federal. Se refleja que el ritmo de crecimiento social es mayor que el crecimiento natural que se obtuvo en el periodo 1980-1990.

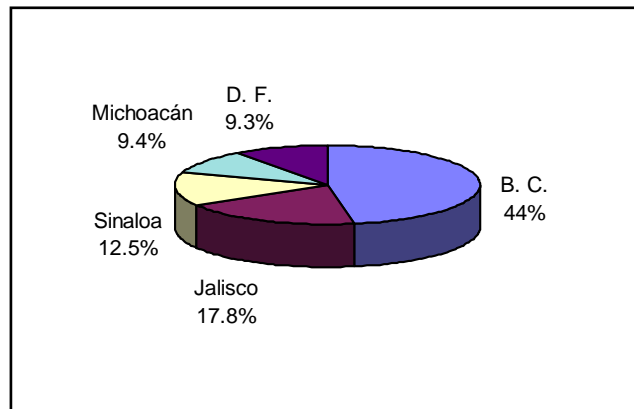


Figura 5. Origen de la población de Tijuana, B. C. Fuente: INEGI, 1990.

Educación

Para 1995, el 96.5% de los habitantes de 15 años y más saben leer y escribir, mientras que en 1990 era el 95.6%, observándose reducciones en el porcentaje de analfabetismo considerando que el porcentaje era del 12.1 en 1970 y de 6.4% en

1980, de 4.1% en 1990 y del 3.5% en 1995 (Figura 6). Cabe señalar que Tijuana es el municipio de la entidad que mayor proporción de alfabetas registra.

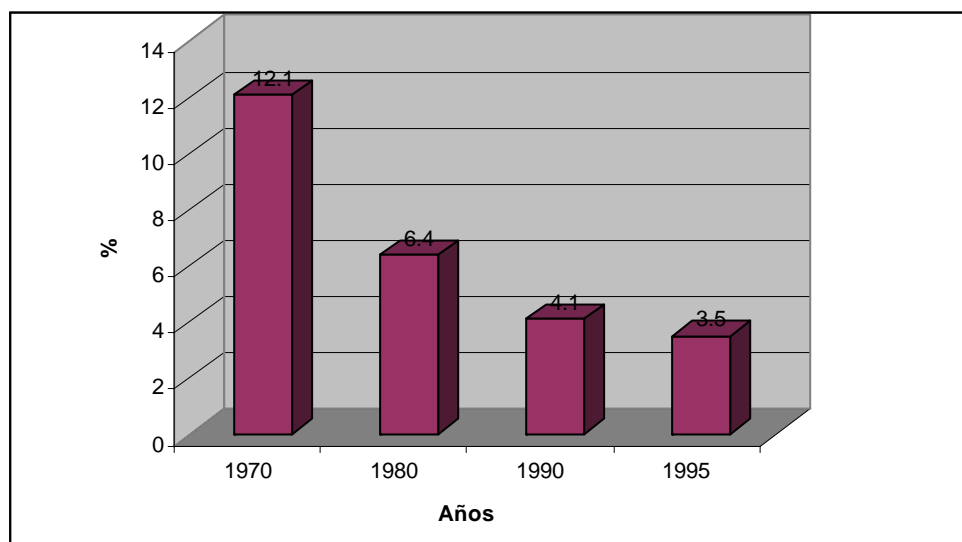


Fig. 6. Porcentaje de analfabetismo. Fuente: Mpio de Tijuana, 1994.

Por sexo, los datos del Censo de 1990 registran que la tasa de analfabetismo en los hombres es de 3.2%, mientras que la de las mujeres es de 5.1%. De la población de 6 a 14 años de edad, 89.2% sabe leer y escribir, correspondiendo la mayor proporción a las mujeres, 89.7%, y a los hombres 88.8%.

En 1990 se registra el 6.7% de la población de 15 años y más que carece de instrucción, cifra menor a la de 1970 (19.4%). Asimismo, el porcentaje de estudios postprimarios es de 54.3% en 1990 contra 17.9% que se registró en 1970.

Actividad económica

Como se ha señalado la urbanización de la frontera de México está vinculada con los movimientos migratorios nacionales e internacionales que han desempeñado un papel definitivo en la conformación de los asentamientos humanos. De igual forma, la aplicación de diferentes políticas económicas del gobierno mexicano en la zona de la frontera ha estimulado el proceso de urbanización ya que ha favorecido el crecimiento de los sectores productivas de las ciudades.

La serie de convenios comerciales realizados de 1940 a 1960 entre Estados Unidos de América y México en materia de braceros, al igual que el desarrollo del Valle de Mexicali y San Quintín representaron un incremento en la atracción migratoria del Estado. Más tarde, en el periodo de 1961-1982, el gobierno federal implementó políticas económicas en la frontera tendientes a detener el desempleo generado en gran parte por la caída del mercado del algodón, la cancelación de convenios en materia de braceros y el crecimiento social. Estas políticas consistieron en el establecimiento del Programa Nacional Fronterizo (PRONAF), cuyos objetivos principales consistieron en la integración socioeconómica del estado con el resto del país a través de la creación de apoyos a la industria. Se buscaba que ésta fuera competitiva para abatir el desempleo que imperaba en la región. Este programa no cumplió con los objetivos planteados originalmente por lo que en el año de 1965 se estableció el Programa de Industrialización Fronterizo (PIF), que consistió básicamente en la implementación de plantas maquiladoras.

En los últimos años se han establecido en la ciudad de Tijuana un gran número de empresas transnacionales, relacionadas principalmente con la industria de maquiladoras de origen estadounidense, japonés, chino, etc, (Mpio. de Tijuana, *et al* 1994).

La población económicamente activa en Tijuana se conforma por el 49.73% de la población de 12 años y más. Por sexo, el 73.3% de los hombres son activos, mientras que de las mujeres sólo el 28.7%.

La población económicamente inactiva (46.7%) se compone principalmente por estudiantes (58.1%), en cuanto a la población masculina; y amas de casa (72.8%), en cuanto a la femenina. En lo general, la población inactiva se conforma por 73.8% de mujeres así como 26.2% de hombres.

En lo que se refiere a las tasas de ocupación, éstas son elevadas tanto para los hombres (97.4%), como para las mujeres (98.2%), con las consiguientes tasas de desocupación.

La población ocupada del municipio de Tijuana se desempeña principalmente como artesanos y obreros (21.1%), comerciantes y dependientes (12.2%), operadores de maquinaria fija (12.1%) y oficinistas (10%). Es Tijuana una localidad donde predominan la industria y los servicios (Figura 7). Prevalece la actividad del sector terciario

(comercio y servicios), que constituye el 56.5% de la población ocupada. El 55.7% de los hombres activos se emplea en ese sector, mientras que el 58.5% de las mujeres labora en el mismo (Gob. del Edo. de B. C., 1992).

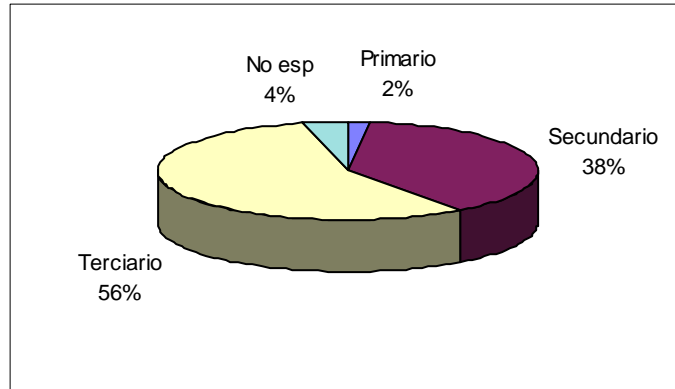


Figura 7. Población económicamente activa por sectores. Fuente: INEGI, 1990.

Vivienda

El crecimiento de la población ha originado que la demanda de vivienda experimente un comportamiento muy dinámico, que se manifiesta en la relación que existe entre el crecimiento de la población y la oferta de vivienda en las últimas décadas.

En el periodo comprendido de 1950 a 1970 se presenta un crecimiento relativamente mayor de la población que el experimentado por la vivienda, pero a partir de 1970 se invierte esta tendencia, al presentarse un crecimiento mayor en la vivienda que el experimentado por la población.

El número de viviendas particulares registradas por el Censo en 1990 fue de 161,338 con lo cual se obtiene un promedio de 4.5 habitantes por vivienda. Las viviendas integradas por un sólo cuarto (10.0%) son considerablemente menores a las de dos (17.3%) y tres o más cuartos que representan 72.2% del total de las viviendas. En el Censo de 1995, las viviendas particulares registradas son 234,579, con un promedio de 4.21 habitantes por vivienda.

Infraestructura

La dotación del servicio de agua potable es aceptable y está resuelto el suministro a corto y mediano plazo con los programas de Tijuana I y II así como el proyecto binacional. En lo que respecta a drenaje sanitario, es marcado el déficit que existe en la actualidad. En lo referente al servicio de energía eléctrica, se observa que es el de mayor cobertura con un 95.08% de población servida, en 1995, lo que nos indica que este rubro va a la vanguardia de las demandas. En lo que respecta a pavimentación, alumbrado y pluviales, se encuentra con carencias debido en gran medida a lo agreste de la topografía de las zonas, que dificulta e incrementa los costos de dotación (Mpio. de Tijuana, 1994).

V. PROCESO DE URBANIZACION

En este capítulo se presenta el proceso de urbanización de Tijuana, B. C., en relación con su crecimiento demográfico y su expansión física. Lo anterior se realiza a partir de una revisión acerca de la forma en que históricamente se ha dado la ocupación del espacio, identificando así las causas políticas, económicas y sociales que han motivado dicha ocupación. El propósito fundamental es identificar el cómo y el por qué de la actual estructura de la ciudad, para establecer posteriormente la relación de la misma con los riesgos naturales y la vulnerabilidad social de la urbe.

El crecimiento demográfico de Tijuana ha sido enorme, aún cuando se trata de un centro urbano de reciente constitución en la historia del país. Lo anterior queda de manifiesto toda vez que “...ocupa el séptimo lugar de las ciudades más pobladas de México desde 1940”¹³.

La formación histórica de Tijuana hasta 1950 refleja en forma particularmente evidente la dependencia de su crecimiento con respecto de la evolución de la economía norteamericana y particularmente de la situación prevaleciente en California.

¹³ CONAPO. (1994). Evolución de las ciudades de México 1900-1990. p. 27.

La vulnerabilidad de la economía urbana en Tijuana es patente a lo largo del proceso histórico de su formación: eventos favorables como la Ley Volstead (Ley Seca) o el crecimiento militar de San Diego en el curso de la Segunda Guerra Mundial,

estimularon las actividades de comercios y servicios que hasta la fecha siguen siendo las funciones principales de la localidad; al contrario, medidas de control y ordenamiento, como las que emprendió Cárdenas en su sexenio, o medidas de presión por cierre o vigilancia extrema en la frontera por los Estados Unidos, provocaron el desplome instantáneo de la economía local.

La conformación del territorio resultante de este tipo de economía, no puede ser más que vulnerable. “Creciendo a un ritmo muy superior a su capacidad económica y urbana de absorción de población, Tijuana, a semejanza de otros puntos del territorio, demuestra condiciones de vida muy deficitarias para la población, que se traducen en los consabidos problemas de asentamientos irregulares, carencia de servicios y vivienda marginal sobre terrenos inadecuados”¹⁴.

Se distinguen tres etapas principales en la conformación urbana dentro del aspecto espacial: la primera inicia con el nacimiento de Tijuana y comprende el período de 1874 a 1950, “cuya característica más importante es la de un rápido crecimiento físico en

¹⁴ Hiernaux, Daniel. (1986). Urbanización y autoconstrucción de vivienda en Tijuana. Centro de Ecodesarrollo. México. p. 55.

forma concéntrica sin que existan problemas con la topografía”¹⁵; la segunda etapa marcada por una dinámica demográfica explosiva comprende de 1950 a 1970 y se caracteriza por un crecimiento mucho más rápido que la etapa anterior (como se observa en la figura 8). “La forma de la mancha urbana deja de ser concéntrica para configurarse a lo largo de las vías de comunicación importantes”¹⁶; la tercera etapa de expansión urbana abarca de 1970 a 1994, cuyo hecho notable es el crecimiento de las maquiladoras en la ciudad, por el gran impulso hacia el sector industrial, haciendo que la ciudad se expandiera hacia espacios donde este sector se localizó de manera un tanto dispersa; al mismo tiempo se crean subcentros de atracción debido al tamaño de la ciudad, otro hecho a destacar es la canalización del río Tijuana (Mapa 3).

Nacimiento de Tijuana (1874-1950)

En 1874 nace Tijuana bajo el primer nombramiento de la autoridad pública¹⁷. Otros acontecimientos importantes fueron la apertura de la aduana en 1874 y la

¹⁵ Rodríguez Bautista, Juan J. (1992). Análisis socio-espacial del uso del suelo residencial en la ciudad de Tijuana. Tesis de Maestría en Desarrollo Regional. El Colef. p. 61.

¹⁶ Ranfla González, Arturo. (1989). Expansión física y desarrollo urbano de Tijuana 1900-1984. En Historia de Tijuana 1889-1989. Tomo II. UABC, el Gob. del edo. de Baja California. p. 188.

¹⁷ Anterior a esta fecha se conocía como rancho Tía Juana o rancho Tijuana concesionado a Don Santiago Argüello con una superficie de 10,533 has (1829). Posteriormente se divide el rancho con la línea fronteriza internacional (1848). Municipio de Tijuana, Gob. del edo, SEDESOL (1994). Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Tijuana. p. 106.

introducción del ferrocarril de San Diego en 1882. “Esto permitió una mayor integración de

California con el resto de Estados Unidos y a su vez favorecía a Tijuana por su cercanía con San Diego”¹⁸. Por otra parte, en julio de 1889 se aprobó el plano para la traza urbana de la nueva población; y se toma ésta como la fecha oficial de la fundación de

Tijuana¹⁹. El plano dirigió la ubicación de los primeros asentamientos en la ciudad de una manera concéntrica siendo el núcleo la garita internacional (Mapa 3).

El mencionado plano de 1889 ha tenido el reconocimiento de las autoridades en el transcurso del tiempo. Fue el antecedente para establecer el fundo legal de Tijuana en el año de 1922. El crecimiento del nuevo centro de población fue bastante lento, sólo parcialmente se respetó la traza original.

El crecimiento físico de Tijuana se dio en dirección a las áreas de fácil ocupación, en un radio de aproximadamente dos kilómetros en las partes más distantes. Hacia el suroeste el crecimiento fue poco por las barreras topográficas y hacia el norte el límite está marcado por la línea internacional fronteriza.

¹⁸ Valdiviezo O. Guillermo S. (1992). Cambios en la jerarquía intraurbana y su impacto en los usos del suelo. El caso de Tijuana, B. C. Tesis de Maestría en Desarrollo Regional. El Colef. p. 9.

¹⁹ Piñera, R. David y Jesús Ortíz. (1983). Inicios de Tijuana como asentamiento urbano , en Panorama histórico de Baja California, Mexicali, UNAM, UABC, p. 284.

En 1891, el poblado fue arrasado por una inundación provocada por el desbordamiento del cauce del río Tijuana, reubicándose el poblado en la zona centro de la presente ciudad.

Hacia 1900 la ciudad contaba con 242 habitantes, 30 años después se incrementó a 10,081 (Figura 8). Este aumento poblacional fue motivado en parte por el moralismo en Estados Unidos, que promulgó la Ley Seca en los años veinte intensificando el paso de

turistas. Esto daría el primer impulso económico a la ciudad, ya que se inició en gran escala el establecimiento de grandes centros de recreación.

Las cantinas, centros nocturnos y demás actividades de diversión se localizaron principalmente en el centro de la ciudad y rumbo a la garita internacional donde se ubicó el primer hipódromo (a sólo 400 metros de distancia). Con ello se dotó a Tijuana de uno de los primeros rasgos de la futura ocupación del suelo urbano, con una fuerte orientación de las principales actividades hacia la garita internacional²⁰.

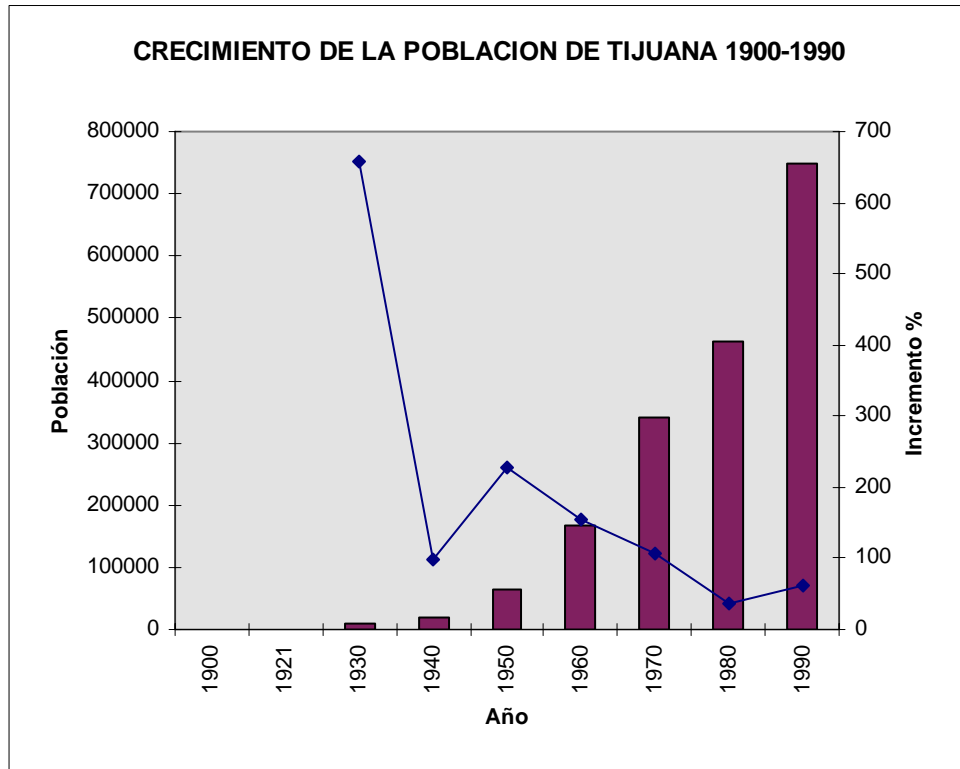


Figura 8. Crecimiento demográfico. Fuente: Valdiviezo, G. op. cit. p.24.

El crecimiento económico experimentado por Tijuana hasta entonces, se ve frenado con la crisis mundial a partir de 1929, así como por la supresión de la Ley Seca en 1933. Estos acontecimientos tuvieron un efecto negativo principalmente para el sector comercial local²¹.

²⁰ Valdiviezo O, Guillermo, op. cit. p. 10

²¹ Kusel, C. (1988). Tijuana: ¿Una ciudad donde fluye leche y miel?, en Klagsbrum, V. (comp.) Tijuana, cambio social y migración, El Colef. p. 15.

Por otra parte, se incrementó el número de migrantes mexicanos que regresaron de los Estados Unidos. Esta situación provocó un alza importante en la demanda de suelo habitacional en la ciudad.

La gran actividad experimentada en la ciudad tuvo como factor principal el involucramiento de los Estados Unidos en la Segunda Guerra Mundial, esto se manifestó de dos maneras, por un lado, el incremento del turismo naval y por otro lado la gran migración hacia Estados Unidos por el déficit de mano de obra en actividades agrícolas. Pero muchos de los migrantes en su paso por Tijuana, se instalaron en la ciudad junto con sus familias incrementando la población. En 1950 Tijuana contaba con una población de 65,364 habitantes.

En esta etapa la concentración central de las diferentes funciones de la ciudad es la forma geográfica que sintetiza funcionalmente la inestabilidad económica y demográfica de la ciudad.

Crecimiento explosivo de la ciudad (1950-1970)

“En la década de los cincuentas la migración y el turismo fronterizo constituyen el principal componente del rápido crecimiento económico y demográfico de la ciudad.

La terciarización de la economía se ve fortalecida y surge la industria maquiladora incrementando la actividad industrial”²².

Esta dinámica económica se hizo manifiesta en el enorme crecimiento de áreas residenciales en diferentes puntos de la ciudad, ya que de 1950-1960 se crearon 44 colonias y de 1960-1970 otras 42 más. Muchas de ellas consideradas como colonias populares y otras más como de “paracaidistas” que en conjunto han ido dando forma a la actual estructura urbana²³.

Este importante incremento poblacional aunado al auge industrial, provocó que la extensión territorial de la ciudad se expandiera en un 200% con respecto al período anterior (Mapa 3). Espacialmente, esto se reflejó en el desarrollo de un anillo de aproximadamente cinco kilómetros, que refleja el incremento demográfico y la base económica más estable sustentada en la demanda local.

La periferización de la ciudad es favorecida por el desarrollo de los ejes de comunicación interurbana al este (en dirección a Tecate), en una ocupación urbana de no más de 500 metros, a uno y otro lado de la carretera; mientras que al oeste, por la carretera escénica a Ensenada, favoreció la creación de un núcleo potencial constituido por el Fraccionamiento Playas de Tijuana. Destaca dentro de este período, frente a la

²² El Programa Industrial Fronterizo (PIF) se instrumenta a partir de su publicación en el Diario Oficial de la Federación del 14 de abril de 1966. Hermila Tinoco Tellez. (1994). La regulación de los usos del suelo en Tijuana 1984-1990. Maestría en Desarrollo Regional. El Colef. p.28.

²³ Valdiviezo, G. op. cit. p. 18.

periferización que introducen los fraccionamientos privados, la consolidación de los asentamientos populares²⁴ ubicados principalmente al suroeste de la ciudad, con base en la contigüidad geográfica.

En esta etapa la magnitud de la población involucrada (residente y presente) aparece como resultado de las relaciones internacionales-interregionales, de la incipiente diversificación y por los procesos de organización intraurbana que delinearon la expansión de la ciudad, convirtiéndola en una etapa determinante en el desarrollo de la ciudad²⁵.

Expansión urbana desmedida (1970-1994)

La ciudad continuó su crecimiento principalmente hacia el oriente (Mapa 3), en la zona conocida como La Mesa, donde se siguió fraccionando terrenos. La mancha urbana en la década de los setentas ocupaba una superficie aproximada de 6,500 has²⁶, asentada principalmente sobre una topografía muy accidentada. Después de tener en 1950 casi el 90% de la mancha urbana en terrenos aptos²⁷, para 1970 la

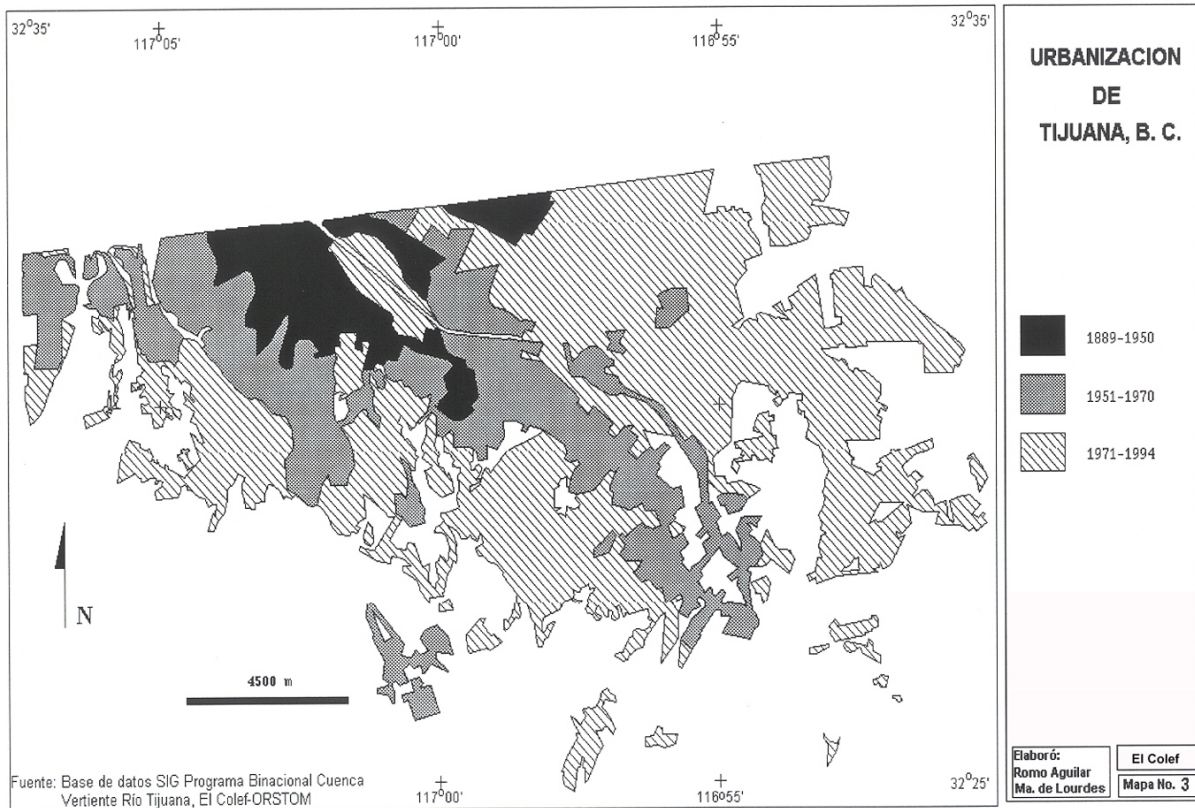
²⁴ Asentamiento popular se refiere a aquellas colonias ocupadas por personas de bajos ingresos.

²⁵ Ranfla González A., Guillermo B. Alvarez de la Torre. (199?). Expansión física, formas urbanas y migración en el desarrollo urbano de Tijuana 1900-1984. En: Ciencias Sociales, cuaderno núm. 2. Instituto de investigaciones sociales. UABC. México. p. 18.

²⁶ Padilla Corona, Antonio. (1989). Desarrollo urbano. En Historia de Tijuana 1889-1989. UABC, el Gob. del edo. de Baja California. p. 198.

²⁷ De acuerdo con Ranfla G., et al (1986), la aptitud de las zonas se refiere básicamente con respecto a la topografía, siguiendo el criterio siguiente: zonas aptas, del 2% al 15% de pendiente zonas condicionadas, del 0% al 2% y del 15% al 30%, zonas no aptas, del 30% y más.

ciudad estaba asentada sólo en un 84% de terreno apto para la urbanización²⁸ (Mapa 3).



El desarrollo fue muy heterogéneo, tanto en densidad como en lo correspondiente a edificación, pues mientras que en el centro de la ciudad la superficie se saturó irracionalmente, en las colonias populares el desarrollo fue muy disperso. Se ocuparon grandes extensiones de terrenos, rebasando límites naturales, asentándose en el cauce de arroyos o en laderas, en algunos casos con pendientes de más del 40%.

²⁸ Ranfla G., et. al. (1986), op. cit. p. 20.

En este periodo se dan dos eventos principales: al centro, la remodelación física y la prolongación de la zona comercial y de servicios a lo largo del Boulevard de Agua Caliente; al mismo tiempo, se emprende y termina el proyecto de infraestructura del Río Tijuana, que ensancha el área de funciones terciarias.

En la periferia se consolidaron los núcleos secundarios de funciones intraurbanas creadas durante el período anterior. En tanto que el Estado, al hacerse presente dentro del mercado de producción de suelo urbano, utilizó como estrategia de regulación la zona de la Mesa de Otay. Al mismo tiempo, se desarrollaron asentamientos irregulares a lo largo del circuito periférico del sur de la ciudad y en la carretera libre de Ensenada.

Por otra parte, la actividad industrial experimentó la transformación más importante en el período con respecto a su diversificación intraindustrial. Incrementó su participación con relación al total de la población económicamente activa de la ciudad y contribuyó a la consolidación de la división espacial, a través de la creación de un moderno parque industrial en la periferia de la ciudad. La llegada de un gran número de industrias produjo un mayor congestionamiento urbano.

El sector maquilador necesitó espacios para las nuevas plantas, además que requirió espacios habitacionales para los empleados que al ingresar al mercado de trabajo tienen la posibilidad de conseguir un terreno para sus viviendas lo que hace que la

mancha urbana tenga que extenderse repercutiendo fuertemente en la estructura urbana y en la dotación de servicios²⁹.

Esta industrialización agravó más el problema de la planeación y desarrollo urbano, debido a que la ciudad no estaba preparada para recibir una cantidad enorme de industrias y que requerían una infraestructura espacial mejor planificada.

El crecimiento de los últimos años se ha dado en zonas no aptas para la urbanización. De 1984 a 1993 existió un crecimiento de la mancha urbana de 12,650 has a 24,903 has, pero más del 50% se dio sobre cerros y cañones ubicados hacia el sur de la ciudad. “Estas áreas estaban consideradas según el plan de desarrollo de 1984, como de preservación ecológica, y con su ocupación se provocaron problemas de ordenamiento urbano y de dotación de servicios”³⁰.

Con la anterior revisión se concluye que el problema de crecimiento poblacional y su ocupación del espacio en Tijuana ha sido desordenado y problemático. Además que la actual estructura urbana en su mayor parte está asentada en terrenos no aptos o condicionados.

Estos antecedentes de la ciudad de Tijuana son útiles para comprender y establecer con mayor profundidad las áreas de riesgos naturales, así como su vulnerabilidad social.

²⁹ Rodríguez, J. J. (1992), op. cit. p. 71.

³⁰ Ibidem, p. 73.

Parte III. Riesgos naturales y vulnerabilidad social

VI. SUSCEPTIBILIDAD DEL RELIEVE

Retomando el concepto establecido en el marco teórico, en este apartado se aborda el análisis del relieve para determinar su susceptibilidad a partir de dos factores: endogenéticos y exogenéticos. Los primeros se refieren a los procesos generados en la corteza terrestre, y los segundos a aquellos generados cerca o en la superficie de la misma.

Factores endógenos

Dentro de los factores endógenos se encuentra la geología regional y la sismicidad. La primera incluye tectónica y estratigrafía, que consideran los rasgos geológicos como fallas y fracturas. Estas disminuyen la resistencia de la masa rocosa haciéndola más vulnerable a la acción de la gravedad, por lo que hay que conocer en qué tipo de material se encuentran esos rasgos geológicos.

Por lo que se refiere a sismicidad, es importante tomarla en cuenta toda vez que, al llevarse a cabo la propagación de las ondas elásticas en las capas sedimentarias se produce un estado de esfuerzos. Las zonas con pendientes muy abruptas y cercanas a

sitios con presencia de fallas y fracturas, con sedimentos saturados con agua y pesadas construcciones, tienden a sufrir deslizamientos.

Se ha observado en diferentes regiones que el movimiento de sedimentos frecuentemente se asocia con la actividad sísmica (Pachauri y Pant, 1992).

Geología regional

En este rubro se incluye los temas de tectónica y la estratigrafía. La descripción de la estratigrafía se divide en tres apartados: rocas cretácicas, rocas terciarias y cuaternarias y rocas aflorantes en el área de Tijuana.

Tectónica

De acuerdo con Delgado Argote y colaboradores (1993), Tijuana se localiza en una zona tectónicamente activa, incluida en la zona de cizallamiento del Sur de California (Southern California Shear Zone), cuyos límites están marcados por la Zona de Falla San Andrés en el oriente, el Bloque de Sierras Transversas Occidentales (Western Transverse Ranges Block) en el norte, el Sistema de la Falla San Clemente en el occidente y la Falla Agua Blanca en el sur. Esta amplia zona está rotando en sentido opuesto al de las manecillas del reloj.

Sobre la edad de estas estructuras, se señala que las cuencas de la margen continental recibieron el mayor aporte de sedimentos durante un periodo de rápida subsidencia en

el Plioceno-Holoceno (últimos 10,000 años), que apoya el concepto de zona tectónicamente activa.

Con respecto al marco tectónico, el mismo autor señala que Tijuana se localiza a 60 km al oriente del Sistema de la Falla San Clemente y entre este sistema y la costa, se encuentran en arreglo casi paralelo (N30° - 40°W) las fallas Depresión San Diego (San Diego Trough), Banco Coronado y Descanso. En la costa se encuentra la Falla Rose Canyon. Todas con desplazamiento lateral derecho (Legg, 1985).

En la zona continental, entre San Diego y Tijuana, se considera que las complejidades tectónicas resultan de la interacción de la Zona de Falla San Miguel-Vallejos con la Zona de Falla Rose Canyon, las cuales, según se ha inferido están conectadas a profundidad (Brune et al., 1979; Legg y Kennedy, 1979; Suárez-Vidal et al., 1991).

Esta última zona de falla es activa (está documentado un sismo de 4.9 en 1986), y se estima que actualmente muestra un desplazamiento del orden de 1 a 1.8 mm/año. Claramente se conecta con las fallas de Inglewood y Newport hacia el norte, y en

algunos sitios del Condado de San Diego esta zona de falla muestra desplazamientos mínimos de 8.7 m en sedimentos aluviales del Holoceno medio³¹.

La zona de Falla Rose Canyon se abre en tres segmentos que se conocen como fallas Spanish Bright, Coronado y Silver Strand (del océano a la bahía). Berger y Schug (1991), consideran que esta zona es potencialmente activa y capaz de originar un sismo de magnitud mayor a 6 en la escala de Richter.

Estratigrafía

El registro estratigráfico en el área de Tijuana define un periodo de aproximadamente 140 Ma. Las rocas que definen este periodo se pueden dividir en dos grandes grupos.

El primero está constituido por las rocas cretácicas de las Fms Alisitos y Rosario; y el segundo por las rocas terciarias y cuaternarias de las Fms. Rosarito Beach, San Diego y Lindavista (Figura 9). Algunos depósitos recientes sobreyacen a las rocas de este último grupo.

³¹ Delgado Argote y colaboradores (1991), refuerzan su argumentación citando a los siguientes autores: Legg, M. R., Wong, V., and Suárez, F. (1991), Geologic structure and tectonics of the inner continental borderland of Northern Baja California, in *The Gulf and Peninsular Province of the Californias*, J. P. Dauphin and B.R.T. Simoneit, editors. The American Association of Petroleum Geologists, Memoir 47; Teng y Gorsline (1991), Stratigraphic framework of the continental borderland basins, Southern California, in *The Gulf and and Peninsular Province of the Californias*, J. P. Dauphin and B.R.T. Simoneit, editors, The American Association of Petroleum Geologists, Memoir 47.

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DEL ÁREA METROPOLITANA DE TIJUANA

		Ma	Unidad	Miembro	Descripción
CENOZOICO	PLIO- PLEISTOCENO	1.5	Aluvión		Areniscas poco consolidadas, limos y conglomerados
		3.0	Fm. San Diego	Superior	Conglomerados pobremente consolidados y areniscas
	Inferior			Areniscas pobremente consolidadas, conglomerados y limolitas	
	MIOCENO	16.1	Rosarito Beach	5	Basaltos y tobas
				4	Sedimentos tobáceos y vulcaniclásticos
3				Basaltos y tobas	
2				Sedimentos vulcaniclásticos	
			1	Basaltos	
MESOZOICO	CRETÁCICO TEMPRANO	66	Fm Rosario		Sedimentos clásticos marinos y continentales
		80	Fm Alisitos		Andesita, toba, depósitos vulcaniclásticos y aglomerados
		140	Batolito peninsular		Granitoides

Figura 9. Columna estratigráfica del área metropolitana de Tijuana (modificada de Aragón-Arreola, 1994).

Rocas cretácicas

El cretácico está representado por la Fm Alisitos, el Batolito Peninsular y la Fm Rosario. A continuación se hace la descripción de cada unidad mencionada, según Aragón-Arreola (1994):

“La primera unidad es una secuencia vulcanosedimentaria de arco deformada y parcialmente metamorfizada. En el área de estudio aflora al oriente, está representada por derrames andesíticos fracturados, sin embargo, es una unidad muy competente.

Con el nombre de Batolito Peninsular, se agrupan intrusivos de composición cuarzo diorítica, cuarzo gabrónica, tonalítica, granodiorítica, adamelítica y granítica, formando más de 387 plutones separados. Espacialmente forman un conjunto de diapiros. Sus edades radiométricas oscilan entre los 140 y los 80 Ma, siendo más jóvenes hacia el oriente. La parte más antigua, ubicada al occidente de Baja California, es cogenética con la Fm. Alisitos. Se ha interpretado que estos intrusivos forman las raíces del arco volcánico de la Fm. Alisitos. En el área estudiada, esta unidad aflora en la porción sureste. La margen derecha de la cortina de la Presa Abelardo Rodríguez está constituida por granodioritas y gabros, que están en contacto por falla con andesitas de la Fm. Alisitos. Forman un macizo con fracturamiento bien marcado que da origen a deslizamientos en bloques de hasta 4 o 5 m³.

La última unidad cretácica, que abarca incluso hasta el Eoceno temprano, es la Fm Rosario, formada por sedimentos clásticos marinos y continentales. La integran tres

miembros: el inferior cubre discordantemente a la Fm Alisitos y representa facies de plataforma interna y playa; el miembro medio está dominado por limolitas cortadas por cañones submarinos, constituyendo facies de plataforma abierta y talud; el miembro superior está dominado por areniscas y conglomerados, representa facies deltáicas y

de abanico intermedio y su edad abarca desde el Turoniense hasta el Maestrichtiense. En el condado de San Diego se ha reconocido también a la Fm Rosario, en donde presenta litofacies semejantes a las descritas anteriormente. En el área estudiada esta formación no aflora, sin embargo, debe encontrarse muy cercana a la superficie en la porción suroeste del área, ya que aflora el miembro inferior de la Fm Rosarito Beach, que la sobreyace”.

Rocas terciarias y cuaternarias

La Fm Rosarito Beach es la primera unidad terciaria y está conformada por basaltos, tobas y brechas. Aflora en las subcuencas de Tijuana y Rosarito. Los miembros que afloran en la zona urbana de Tijuana son rocas volcánicas interestratificadas con rocas sedimentarias, las cuales se subdividen en cinco unidades tipo:

1) Unidad Mira al mar, se encuentra en la base y está conformada por sedimentos de plataforma;

2) Unidad Costa Azul, son derrames basálticos;

3) Unidad Amado Nervo, compuesta por sedimentos de plataforma con intercalaciones delgadas de derrames;

4) Unidad Las Glorias, constituida por derrames basálticos con horizontes de toba y por último,

5) Unidad Los Buenos, integrada por derrames con intercalaciones de arenisca, toba y limolita (Figura 10) (Minch, 1967).

Los miembros donde predominan las facies volcánicas son muy competentes, no obstante, en los contactos de tobas con derrames ocurren numerosos deslizamientos (Aragón-Arreola, 1994).

La Fm San Diego fue depositada en la Cuenca San Diego durante un periodo de transgresión marina, en el plio-pleistoceno. Minch (1967) divide esta formación en dos miembros: uno inferior, marino, constituido principalmente por arenas finas; y un miembro superior de arenas gruesas y conglomerados. Una porción importante de este segundo miembro es continental, lo que indica que la cuenca fue rellenándose y por lo tanto cada vez más sómera (Delgado-Argote, et al, 1993).

La Fm San Diego sobreyace discordantemente a las rocas del miembro Costa Azul de la Fm Rosarito Beach (Figura 11). Es una unidad deleznable, pobremente

consolidada. En ella se concentra el mayor número de movimientos de ladera, distribuidos tanto en su contacto inferior como en el contacto entre los dos miembros. En la Joya, al sur de Playas de Tijuana, se encuentra en contacto discordante paralelo con los basaltos de la

Fm Rosarito Beach. Se localiza también en las áreas estudiadas por Aragón-Arreola (1994), las cuales son: Cañón El Pato, libramiento Poniente-Villas del Sol, Fundadores-Monterrey-Doctores, El Rubí, Libertad Norte-Pastejé-La Central, Pacífico-Cañada Verde y Presa Abelardo L. Rodríguez.

Sobre la Fm San Diego se encuentra la Fm Lindavista del Pleistoceno. Esta Fm está compuesta por arenisca, arenisca conglomerática y conglomerado, derivados de rocas metavolcánicas, material riolítico y en menor cantidad cuarcita de la Fm Alisitos (Castro, 1993). De acuerdo con Aragón-Arreola (1994), se encontraron algunos afloramientos en la Mesa de Otay y cercanos a la frontera internacional, en la zona de Villas del Sol.

El registro estratigráfico de la zona estudiada lo completan sedimentos fluviales depositados en los lechos de ríos, coluviones asociados a pendientes fuertes y eluviones asociados a movimientos de ladera.

Distribución de rocas aflorantes en el área de Tijuana

La distribución litológica en la zona de estudio se muestra en el mapa 4. La zona urbana de Tijuana se localiza en la parte central de la subcuenca Tijuana. Los

basaltos de la Fm Rosarito Beach afloran desde la línea internacional hasta el sur de Tijuana, a lo largo de la línea de costa, al oeste de las subcuencas Tijuana y La Misión. Los sedimentos tobáceos pertenecientes a esta formación, se localizan al oriente de la costa; así como al sureste y al noroeste de la zona de estudio. En esta misma zona,

afloran en forma de “islotos”, algunos depósitos marinos muy pequeños, que se ponen en contacto con los basaltos del Mioceno medio.

Se observa en el mapa, que en la parte media de la Subcuenca Tijuana, donde se localiza la ciudad, afloran principalmente los depósitos poco consolidados de la Fm San Diego. Igualmente afloran hacia el SE de la ciudad, en las cercanías a la Presa Rodríguez, así como al occidente de la urbe y cerca de la línea internacional.

Los sedimentos de la Fm Lindavista no se muestran en el mapa 4, aunque su distribución es amplia en el ámbito regional. En los sitios donde afloran las arenas y conglomerados de esta Fm, estos sedimentos coronan algunos cerros y mesas del sur de la ciudad. Los depósitos de arenisca y conglomerado de la parte fluvial de esta Fm están cerca de la Presa Abelardo L. Rodríguez.

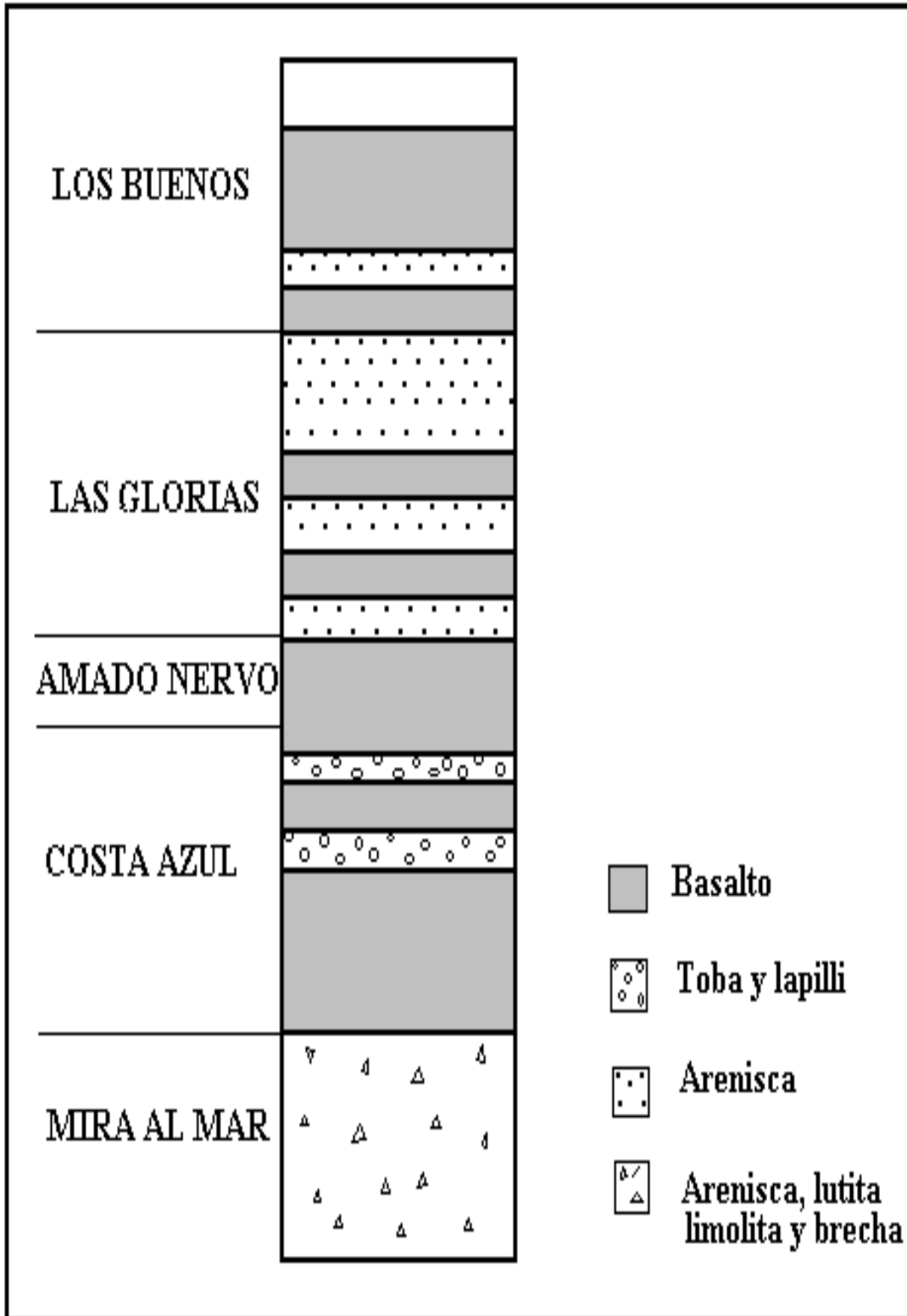
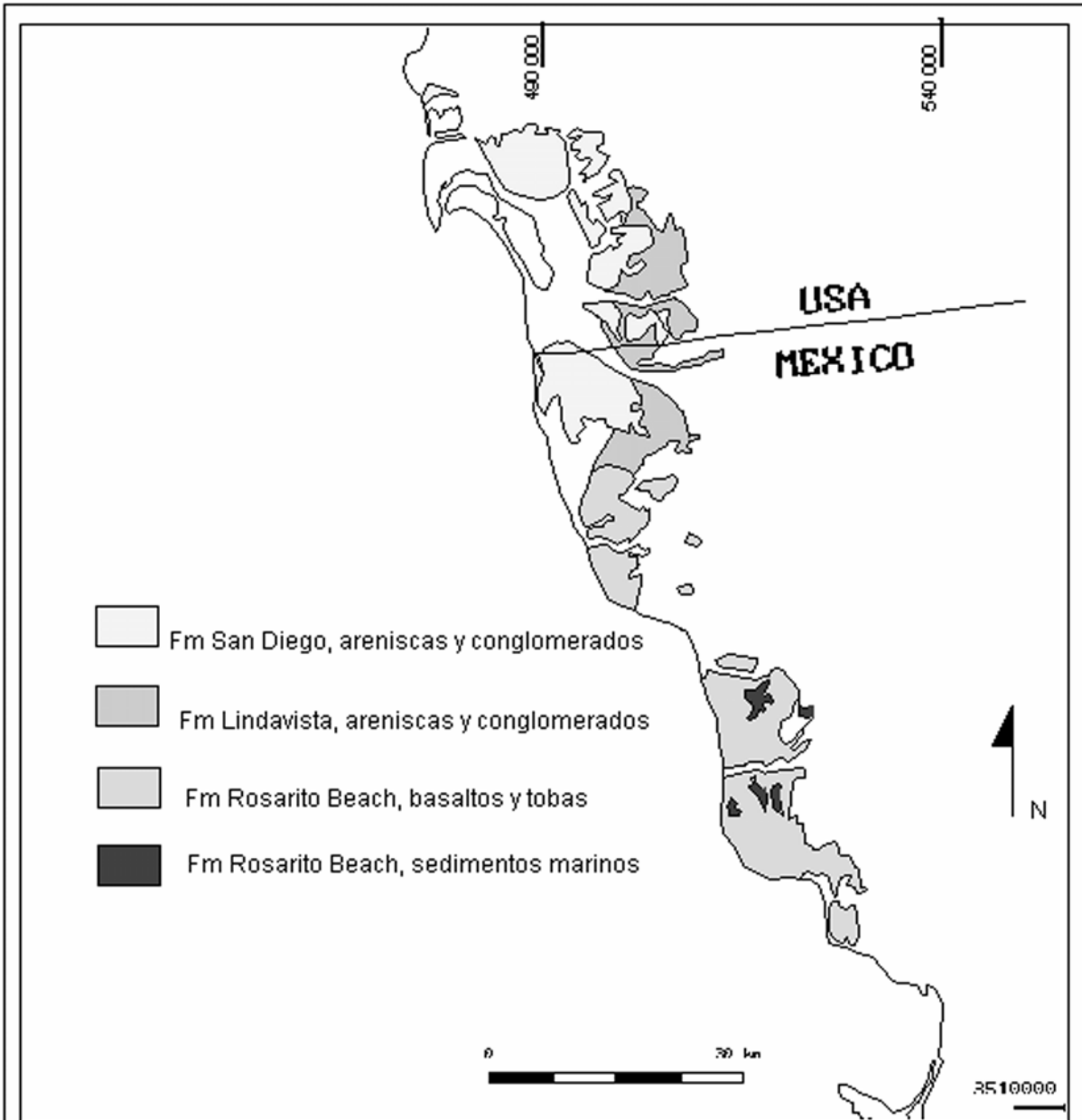


Figura 10. Sección de la Formación Rosarito Beach (modificada de Minch, 1967).

MAPA 4



**DISTRIBUCION DE ROCAS AFLORANTES
EN EL AREA DE TIJUANA, EN LA
ESTRATIGRAFIA REGIONAL**

Fuente: Modificado de Delgado-Argote, y colaboradores, 1993

Elaboró:
Romo Aguilar
Ma. de Lourdes

El Colef
Mapa No. 4

Según Delgado-Argote (1993) de la distribución de las rocas terciarias y cuaternarias que se observa en el mapa 4, 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 de 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 (Figura 12). Sin embargo, los factores sedimentológicos y estratigráficos no son los únicos que promueven la inestabilidad, sino el conjunto de las variables que en este estudio se presentan.

Sismología

En el norte de Baja California la actividad sismotectónica se localiza en tres zonas: la primera es en el valle de Mexicali-Imperial, la segunda es en el escarpe del golfo y la tercera comprende fallas que cruzan las sierras peninsulares como Agua Blanca y San Miguel Vallecitos. Berger y Schug (1991), hablan también de las fallas localizadas en el borde continental (Inner Continental Borderland).

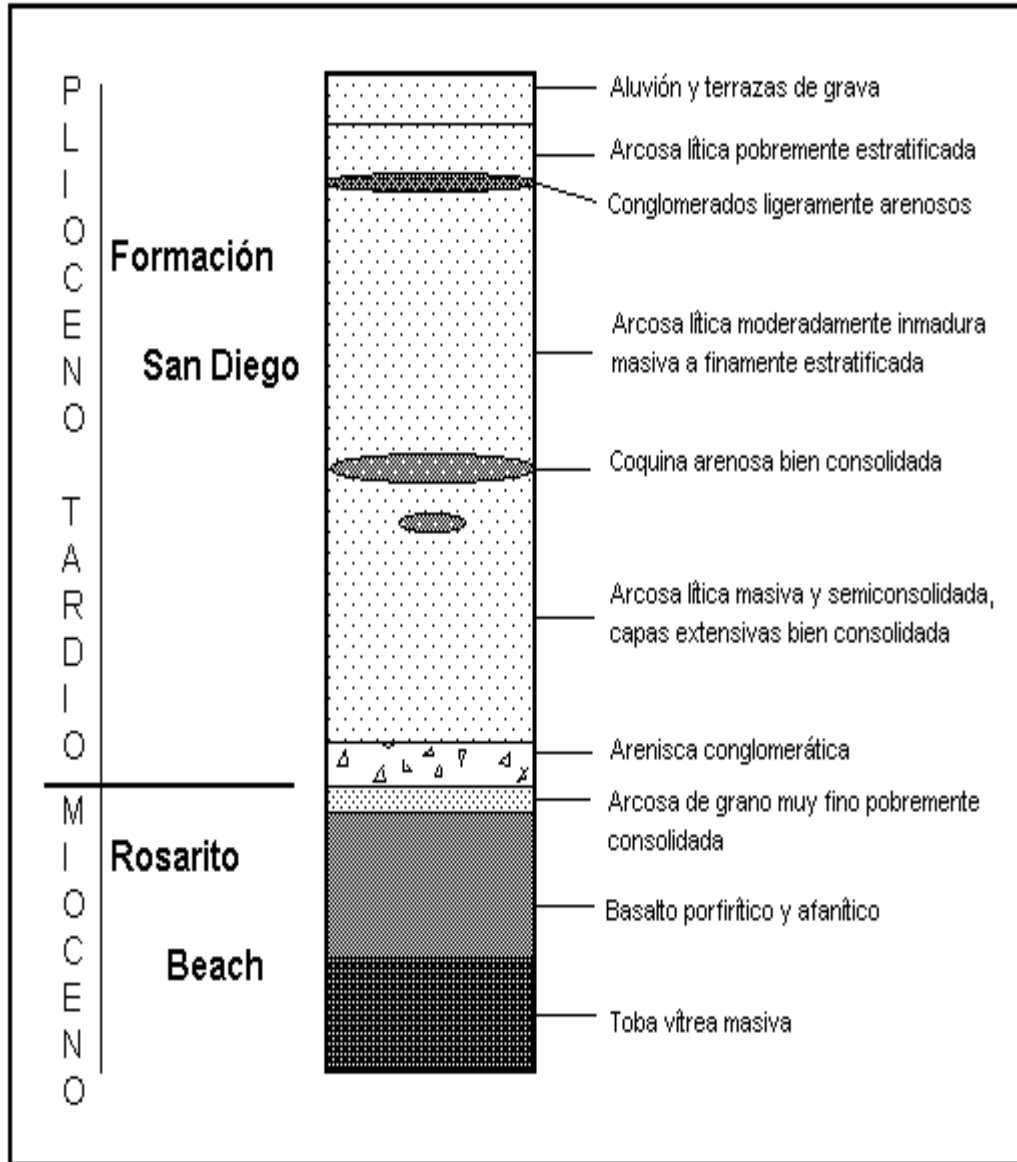


Figura 11. Formación San Diego y miembro Costa Azul de la Formación Rosarito Beach (modificada de Ashby y Minch, 1984)

FIGURA 12

Por otra parte, Munguía y Vidal (1991) establecen cinco zonas sismogénicas, que son: Ensenada, San Miguel Vallecitos, Pino Solo, Sierra Juárez-Laguna Salada y el sistema Cerro Prieto-Imperial (Figura 13)³². Los dos últimos sistemas no se encuentran en el área de estudio.

De acuerdo con Aragón-Arreola, el sistema San Miguel-Vallecitos está formado por las fallas Calabazas, Vallecitos, San Miguel y Tres Hermanas, que siguen un arreglo escalonado. Su sismicidad $M \geq 5$ y su microsismicidad $M_L > 3$ es muy frecuente en la zona. Se han registrado 6 sismos de $M_L > 6$. Los eventos parecen ocurrir en agrupaciones, en tanto que la profundidad hipocentral al parecer se concentra entre 5 y 15 km.

El sistema Newport-Inglewood-Rose Canyon es una zona de falla de 240 km de largo por 400 a 4000 m de anchura, corre en dirección NNW. Inicia cerca de Inglewood, California, y continua hasta el área metropolitana de San Diego. Sobre esta falla se han medido velocidades de desplazamiento lateral derecho hasta de 1.07 ± 0.03 mm/año para los últimos 8000 años. Este sistema es sismogénico y en el área de San Diego la actividad ocurre en forma de enjambres, se ha calculado que el sismo máximo posible podría ser hasta de 6.9, las intensidades máximas que podría alcanzar son del orden de 0.5 a 0.6 g.

³² Esta figura muestra la zona de estudio, su entorno tectónico y las localizaciones de los eventos de $M_L > 2.0$ reportados hasta julio de 1994 por el catálogo del California Institute of Technology (CalTech).

El mismo autor señala que el sistema San Miguel-Vallecitos podría ser continuación del Newport Inglewood-Rose Canyon. Esta aparente conexión pasaría bajo la zona urbana de Tijuana. Sin embargo, se reporta muy baja actividad sísmica en este sitio.

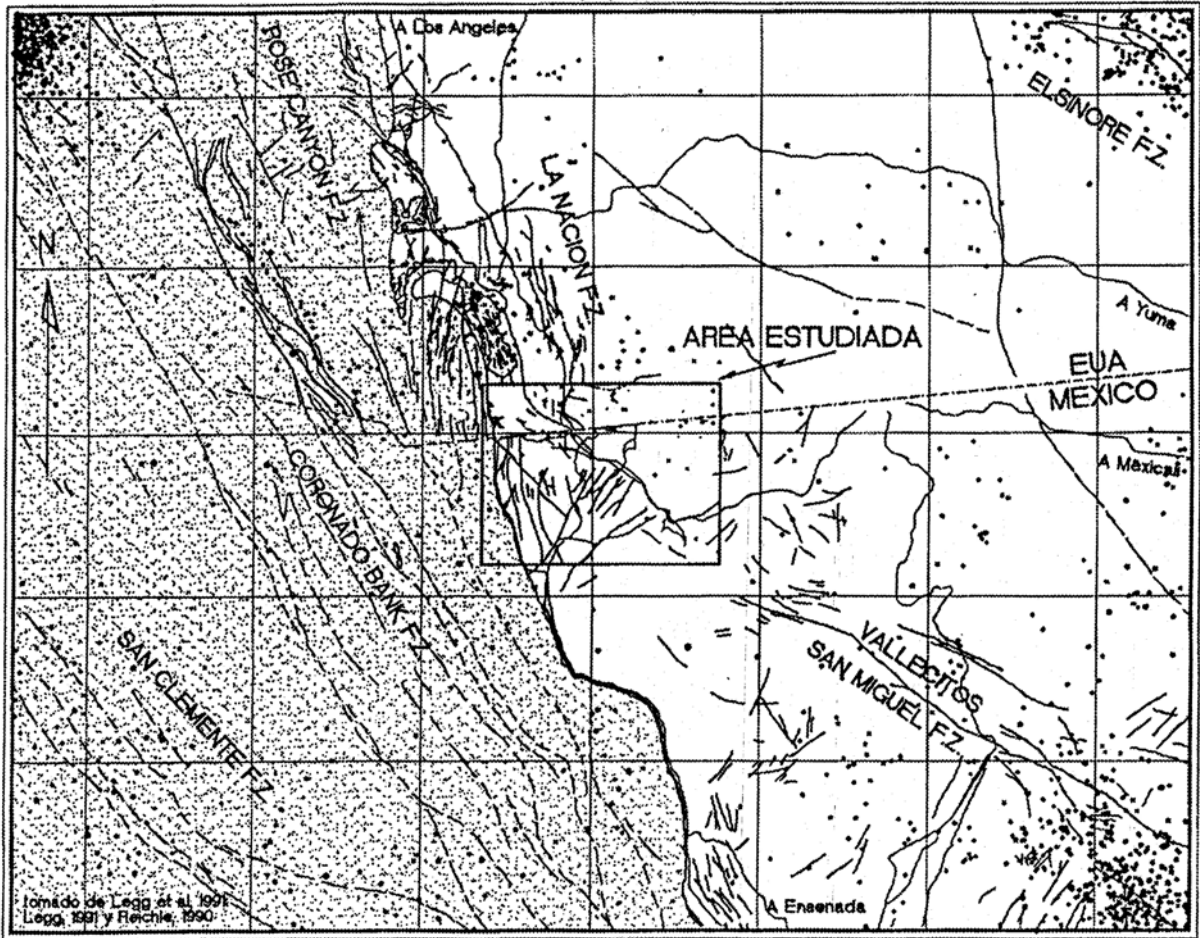
En el Borde Continental existen dos alineamientos NNW-SSE: la falla de San Clemente y San Isidro, de longitud mayor a 300 km y anchura menor a 5 o 10 km que conectan aproximadamente fallas que afloran en las ciudades de San Diego y Tijuana, la sismicidad asociada a estas zonas ha llegado a presentar magnitudes superiores a $M_L=6.0$.

En la parte media del borde continental se encuentra el sistema San Diego Trough-Bahía Soledad, constituido por trazas de fallas de más de 50 km de longitud que cortan a sedimentos cuaternarios. El sistema de fallas Banco Coronado forma parte del límite oriental del borde continental y es el más complejo debido a que está formado por segmentos que forman un sistema escalonado con trazas de fallas anastomosadas.

El sistema de Agua Blanca se conecta con el de San Diego Trough-Bahía Soledad y Banco Coronado. Su longitud es mayor que 140 km, y corre con rumbo cercano a $N30^\circ W$ y tiene dos ramales. La sismicidad está dominada por enjambres de corta duración y baja magnitud, ligeramente mayor a $M_L=4$ y la solución de los mecanismos focales es de falla lateral derecha (Munguía-Orozco y Vidal Villegas, 1991).

Es importante también mencionar la falla La Nación, que va del norte del condado de San Diego hasta las cercanías de la línea internacional, la cual representaría un fuerte peligro para el centro de Tijuana (Montalvo, 1996).

FIGURA 13



Según el registro histórico, la sismicidad presentada en el área de estudio es de baja magnitud (máxima de 3.0 para un sismo de 1976. A primera vista esto parece indicar que no está sujeta a la posibilidad de movimientos fuertes. No obstante, se debe tomar en cuenta que la zona está circundada por los sistemas ya descritos, los cuales son sismogénicos y en algunos se registra una actividad mayor a $M_L=6$ (Frez y González 1991).

Factores exógenos

Se considera como factores exógenos la morfología y la morfodinámica que están estrechamente ligadas. Ambos factores se refieren a las diferentes formas que toma el relieve y los procesos que en ellas se llevan a cabo.

Morfología

Las unidades geomorfológicas establecidas en este estudio son las siguientes³³

(Mapa 5):

³³ Las definiciones de cada geoforma en su mayor parte han sido tomadas de: Lugo Hubp (comp). (1989). Diccionario geomorfológico. Instituto de Geografía, UNAM, a excepción de aquellas que se refieren a los tipos de lecho, tomadas de Romo Aguilar M. L. (1994). Geomorfología de la llanura de inundación del Río San Pedro, Nayarit. Tesis de Licenciatura en Geografía. Facultad de Geografía, Universidad de Guadalajara.

Dentro del relieve positivo:

Terraza marina. La que se forma en la costa de un mar a causa de levantamientos tectónicos de la tierra firme o por el descenso eustático del nivel del mar. Es un residuo de una superficie de abrasión (terrazza abrasiva) o de acumulación.

Mesa plana. Amplia elevación de cima plana, equivalente a un plano horizontal o de poca inclinación, compuesta por rocas tabulares o débilmente dislocadas.

Mesa ondulada. Amplia elevación semiplana que presenta irregularidades como depresiones o elevaciones.

Mesa basculada. Amplia elevación semiplana que presenta buzamiento.

Cerro. Elevación brusca de la superficie terrestre, de carácter local, de dimensiones relativamente reducidas. Se presenta aislado en una localidad plana y está delimitada en ella, por todos lados, por un pie, bien expresado en el relieve, en forma de curva cerrada. Otro concepto que se aplica es el que se refiere al cerro como una cima en los sistemas montañosos.

Lomerío. Conjunto de lomas que son pequeñas elevaciones del terreno con una configuración suave de sus laderas y bases. El lomerío se origina por la disección de una planicie inclinada (de piedemonte) o por la nivelación de montañas. De esta manera, puede ser resultado directo de procesos endógenos que condicionan una acción erosiva.

Piedemonte. Superficie marginal a las montañas, de las que se distingue por una pendiente y alturas considerablemente menores.

Rellano. Llano que interrumpe la pendiente de un terreno.

Dentro del relieve negativo:

Cañadas. Valle montañoso profundo y estrecho equivalente a una garganta o valle en “V”, con laderas abruptas, verticales. Es característico de las mesas constituidas de capas de rocas sedimentarias horizontales o de rocas volcánicas. Las cañadas representan con frecuencia formas erosivas del relieve.

Lecho aluvial. Porción inferior de un valle fluvial ocupada por la corriente. Se caracteriza por la anchura, la profundidad y la superficie de un río, mismas que varían en función del nivel de las aguas en el cauce. Por su configuración en el plano puede ser de los

siguientes tipos: a) Rectilíneo, típico de porciones de cauce por erosión profunda; b) Sinuoso, cuando predomina la erosión lateral y c) Disperso, cuando divagan los ríos.

Río canalizado. Se refiere a la porción del cauce principal del Río Tijuana cuyas márgenes han sido contenidas de manera antrópica.

Lecho menor de inundación ordinaria. La corriente ordinaria ocupa sólo el talweg o el canal de estiaje, el cual es el resultado del corte erosivo del escurrimiento. Esta geoforma indica la fase de niveles más bajos correspondiente al escurrimiento de recesión o estiaje en los periodos secos.

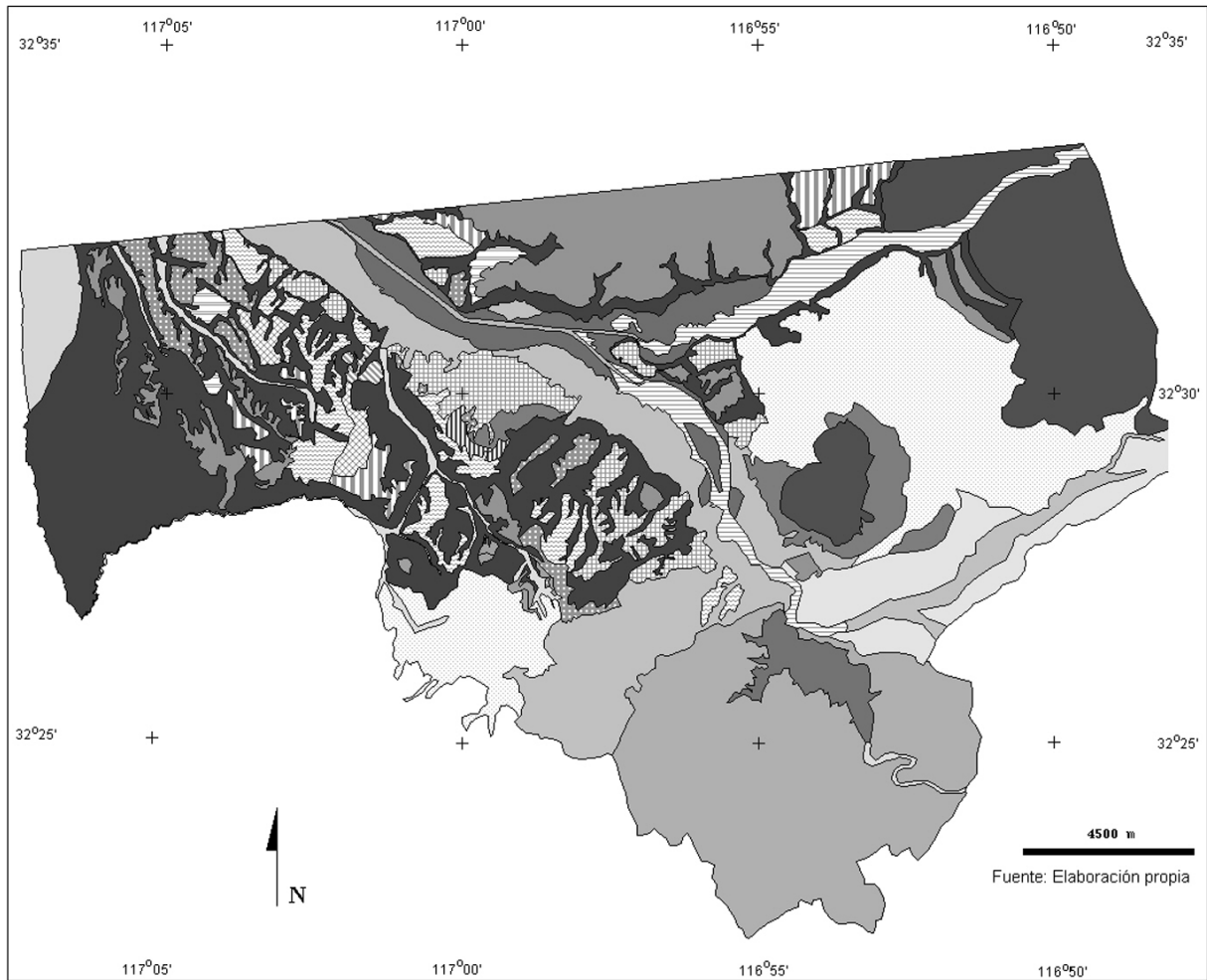
Lecho mayor de inundaciones ordinarias. Corresponde a la fase de niveles medios, esto es, los que se aproximan o coinciden al valor del escurrimiento medio anual. por ser sólo un valor numérico del caudal, al ponderar tanto los valores altos y bajos del gasto no se puede esperar una clara indicación del escurrimiento medio en las características del canal; sin embargo, se ha observado que en la mayoría de los ríos los caudales medios, en general, tienden a cubrir un tercio del lecho menor (Leopold y colaboradores, 1964).

Tanto el lecho menor como el mayor de inundaciones ordinarias corresponden a fases de estabilidad del cauce, debido fundamentalmente a la ineficacia de los flujos moderados para modificar sensiblemente el lecho del río.

Lecho mayor de inundaciones extraordinarias. Corresponde a la fase de niveles altos, o sea a las crecidas ordinarias.

Cuenca vertiente unitaria. Depresión en la superficie terrestre, ocupada por agua, cuyo aporte proviene de corrientes de orden uno. Esta unidad se refiere a la cuenca unitaria de la presa Abelardo L. Rodríguez, cabe señalar que la cuenca al igual que la presa no se consideran parte del estudio.

MAPA 5





Morfodinámica

Para el análisis de la morfodinámica, se hace en primera instancia una descripción del tipo de material en que se encuentra la ciudad.

El sesenta y cinco por ciento 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 y colaboradores, 1993).

Con base en esta descripción general de materiales y las geoformas establecidas se identifican principalmente tres tipos de procesos:

- 1) Depositación,
- 2) Anegamiento, y
- 3) Erosión-remoción en masa

La relación de estos procesos con las geoformas establecidas anteriormente, permite delinear la morfodinámica (cuadro 1).

CUADRO 1. FORMAS Y PROCESOS ESTABLECIDOS EN LA ZONA URBANA DE TIJUANA

Geoforma \ Proceso	Depositación	Anegamiento	Erosión-Remoción en masa (transporte de mat.)
Relieve positivo:			
Terraza marina	X		
Mesa plana		X	
Mesa ondulada		X	
Mesa basculada			X
Cerro			X
Lomerío	X		X
Piedemonte	X		X
Rellano			X
Relieve negativo:			
Cañadas			X
Lecho aluvial	X		X
Lecho menor de in ord	X		
Lecho mayor de in ord	X		
Lecho mayor de in ext	X		

Las zonas de depositación se localizan principalmente en las planicies bajas constituidas por materiales aluviales, como la terraza marina y los diferentes tipos de lecho. La terraza marina es lo que se conoce como fraccionamiento Playas de Tijuana y los diferentes tipos de lecho se refieren al cauce del Río Tijuana y sus márgenes,

conocida como Zona del Río. En el lecho aluvial han tenido lugar procesos de depositación y de erosión debido a que la corriente cuando es considerable excava de manera vertical y lateral por lo que amplía su lecho en cuanto profundidad y amplitud y cuando la corriente es decreciente abandona las secciones laterales³⁴ y va depositando los materiales de manera que los más gruesos se acumulan primero y los más finos posteriormente.

De esta manera se observa que 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 terraza encontrados como: lecho menor de inundación ordinaria, lecho mayor de inundación extraordinaria y lecho mayor de inundación extraordinaria.

En el piedemonte y lomerío ocurren procesos de depositación como resultado del transporte de material del Cerro Colorado y los cerros limítrofes en la parte este de la zona de estudio, aunque en el piedemonte y lomerío también puede haber procesos de transporte principalmente por agentes hídricos.

³⁴ Este proceso en particular ocurrió hasta la canalización del Río Tijuana.

El proceso de anegamiento se localiza en las zonas llanas o semillanas conformadas por conglomerados, sobre todo en las superficies cumbrales 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. Este proceso en el piedemonte y lecho aluvial ya ha sido explicado en párrafos anteriores, en cuanto al 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 (Mapa 5) es importante su consideración.

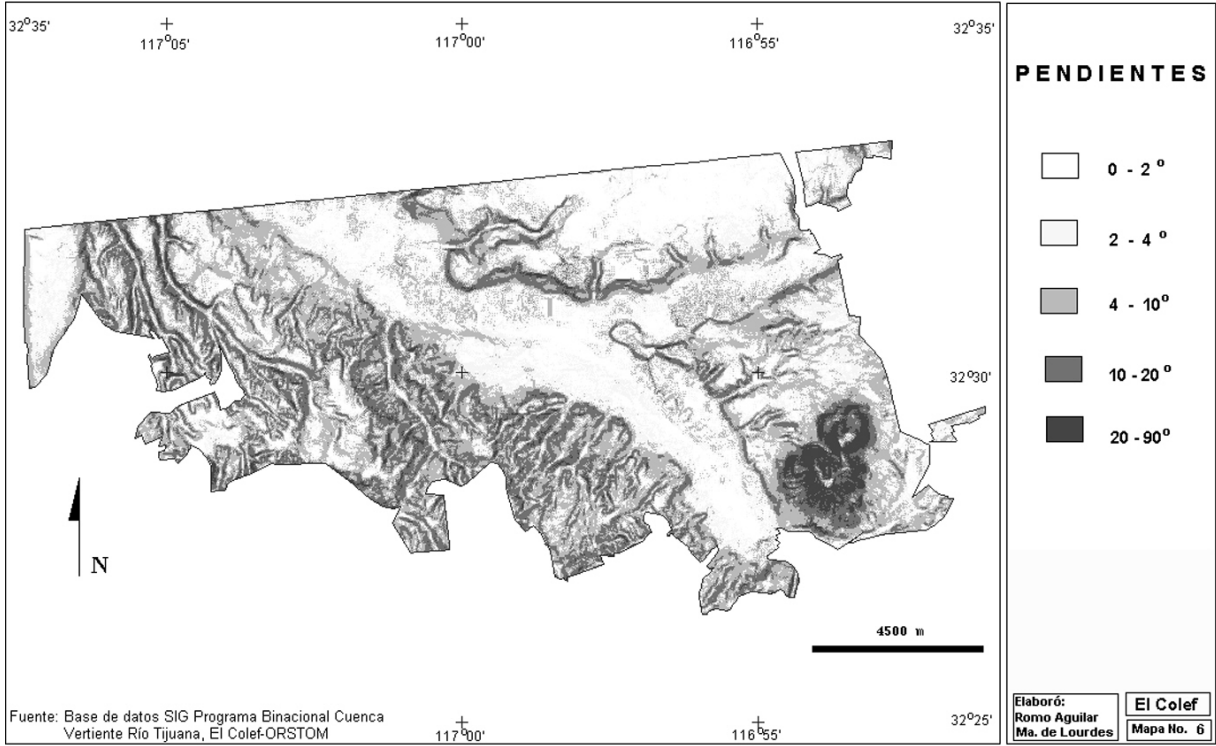
Las cañadas están constituidas por valles erosivos y laderas denudatorias que presentan procesos de erosión-remoción en masa y afectan principalmente a las areniscas y conglomerados de origen deltaico.

Integración de los factores endógenos y exógenos para determinar la susceptibilidad del relieve

Además de tomar en cuenta las variables anteriormente descritas se considera también la pendiente (Mapa 6), para lo cual se establecen cinco rangos:

- a) 0 a 2°,
- b) 2 a 4°,
- c) 4 a 10°,
- d) 10 a 20° ,
- e) 20° y más.

MAPA 6



Con base en estos rangos y la sobreposición de la geomorfología (Mapa 5) mediante el SIG SAVANE, se determina la susceptibilidad del relieve (Mapa 7), de lo cual resultan cuatro categorías: anegamiento, inundación, depositación y erosión-remoción en masa.

En el cuadro 2 se muestra la superficie y el porcentaje que ocupa cada una de estas categorías dentro de la zona urbana de Tijuana.

CUADRO 2. SUSCEPTIBILIDAD DEL RELIEVE POR SUPERFICIE Y PORCENTAJE

Susceptibilidad del relieve	Superficie km ²	%
Anegamiento	23.94	13.18
Inundación	30.63	16.86
Depositación	22.54	12.41
Erosión-remoción en masa	27.05	14.89
Nula [*]	77.48	42.65

^{*} Esta categoría se refiere a que en las áreas determinadas así no existen las condiciones establecidas para los tipos de susceptibilidad ya descritos, lo cual no significa que no pueda haber en menor medida alguno de esos tipos o la combinación de ellos.

El criterio para determinar las áreas susceptibles a anegamiento es que exista una pendiente de 0 a 2° y se trate de una mesa plana o de una mesa ondulada. Esta categoría cubre una superficie de 13.18%, y como se observa en el mapa 6, el área mayor se encuentra en lo que es la Mesa de Otay, al norte de Tijuana.

El anegamiento ocurre cuando hay pendientes entre 0 y 4°, en las áreas de los diferentes tipos de lecho (aluvial, menor ordinario, mayor ordinario y mayor extraordinario). La susceptibilidad a depositación cubre una superficie de 16.86%, y se ubica espacialmente en las márgenes del Río Tijuana y el arroyo Alamar principalmente.

El criterio utilizado para establecer la susceptibilidad a depositación es que exista pendiente de 0 a 10° y las siguientes geoformas: terraza marina, lomerío y piedemonte. Esta clase cubre una superficie de 12.41% y se localiza en el área de Playas de Tijuana, así como al sur de la ciudad y sobre todo en la parte Este, en el área de lomeríos colindantes al Cerro Colorado.

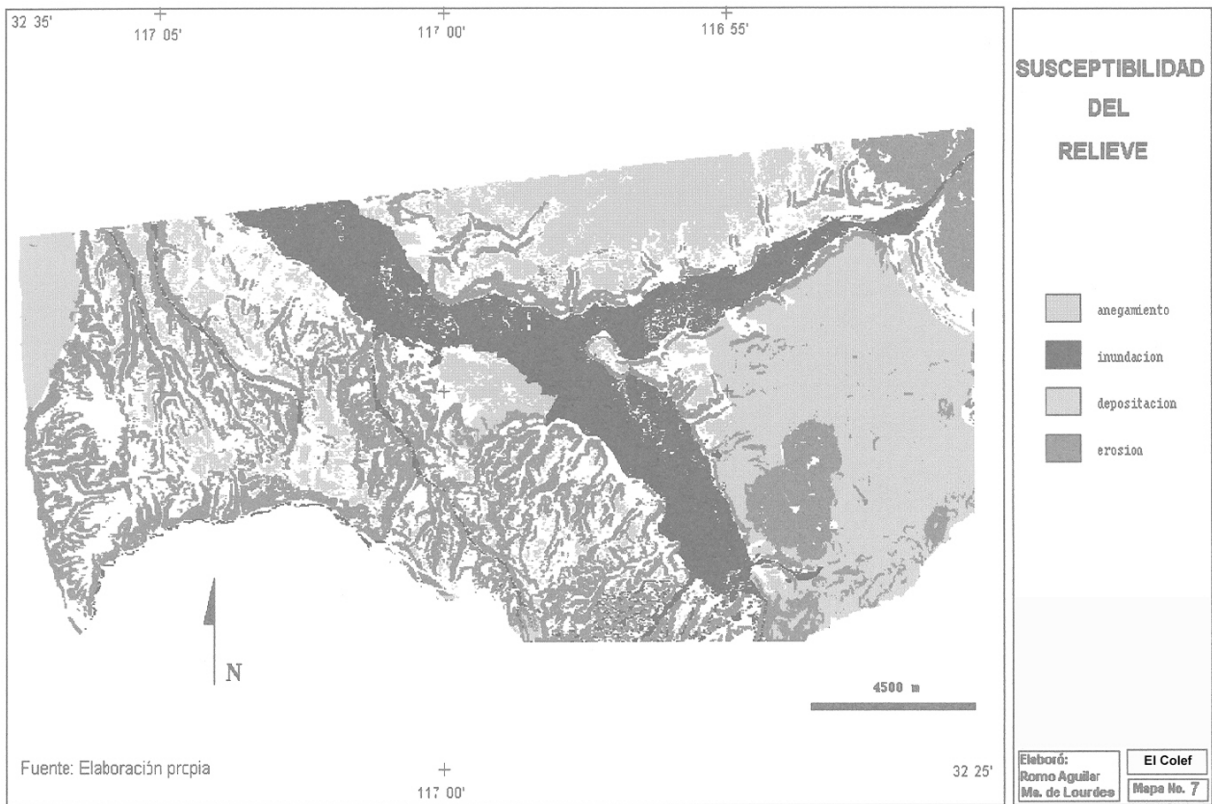
La erosión-remoción en masa, ocurre sobre pendientes de más de 10° y principalmente sobre cañadas, aunque también ocurre en cerros, lomeríos y piedemonte. De manera particular la susceptibilidad de remoción en masa aumenta su posibilidad de ocurrencia cuando además existen lineamientos estructurales (fallas, fracturas). Esta categoría ocupa un porcentaje de 14.89% y se distribuye prácticamente en casi toda la zona urbana en el área de cañadas y los cerros. La

posibilidad de que ocurran estos procesos aumenta debido a que la mayor parte de la ciudad se asienta sobre rocas

sedimentarias incompetentes como se mostró en la figura 11 y la gran cantidad de lineamientos estructurales que existen (Figura 12).

Los datos aquí presentados indican que un poco más de la mitad de la superficie que ocupa la zona urbana de Tijuana presenta algún tipo de susceptibilidad del medio físico (Mapa 7), lo cual es una cantidad muy importante ya que puede representar en un momento dado un gran riesgo si las áreas aquí determinadas se encuentran habitadas, por lo que se hace necesario un análisis de la ocupación del espacio, así como de la población en términos de su densidad, y la calidad de vivienda de esa población para con ello establecer los tipos y grados de riesgo que pueden existir en esta ciudad. El análisis aquí referido se hace en el siguiente capítulo denominado “vulnerabilidad social”.

MAPA 7



VII. VULNERABILIDAD SOCIAL

La vulnerabilidad (como ya se estableció en el marco teórico), 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. Los elementos bajo riesgo son los contextos social y material, es decir, las actividades humanas y los sistemas realizados por el hombre tales como edificaciones, líneas vitales o infraestructura, centros de producción y sus actividades económicas.

Partiendo de este concepto de vulnerabilidad, en este estudio se establece la misma mediante la correlación y sobreposición de cuatro variables: densidad poblacional, nivel de ingreso, resistencia de la vivienda y uso del suelo. Estas variables se determinaron a partir de la información por AGEB³⁵ (área geoestadística básica) de 1990 de INEGI que se encuentra en formato digital en la Base de datos SIG Programa Binacional Cuenca Vertiente Río Tijuana, ya referida en la metodología. Cada variable es el resultado de un manejo de datos que involucra una serie de procesos que se explican en cada apartado correspondiente y son obra del propio autor.

³⁵ El uso del suelo no se encuentra a nivel de AGEB pero sí es parte de la misma base de datos.

Densidad poblacional

La población en la ciudad de Tijuana se encuentra un tanto dispersa (Mapa 8), 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 km² por AGEB, resultando :

- 1) Baja densidad poblacional: 32 a 2016 hab/km²
- 2) Mediana densidad poblacional: 2016 a 4746 hab/km²
- 3) Alta densidad poblacional de 4746 a 7105 hab/km², y
- 4) Muy alta densidad poblacional: 7105 y más hab/km²

CUADRO 3. PORCENTAJE DE SUPERFICIE DE LOS NIVELES DE DENSIDAD POBLACIONAL

Densidad	Superficie %
Baja	34.4
Mediana	26.8
Alta	16.7
Muy alta	17.0
Sin datos	5.1

Como se observa en el cuadro 3, la densidad baja se presenta con un mayor porcentaje de extensión dentro de la mancha urbana cubriendo el 34.4% de área, esta se concentra al sur y sureste, en lo que es la periferia de la zona urbana de Tijuana.

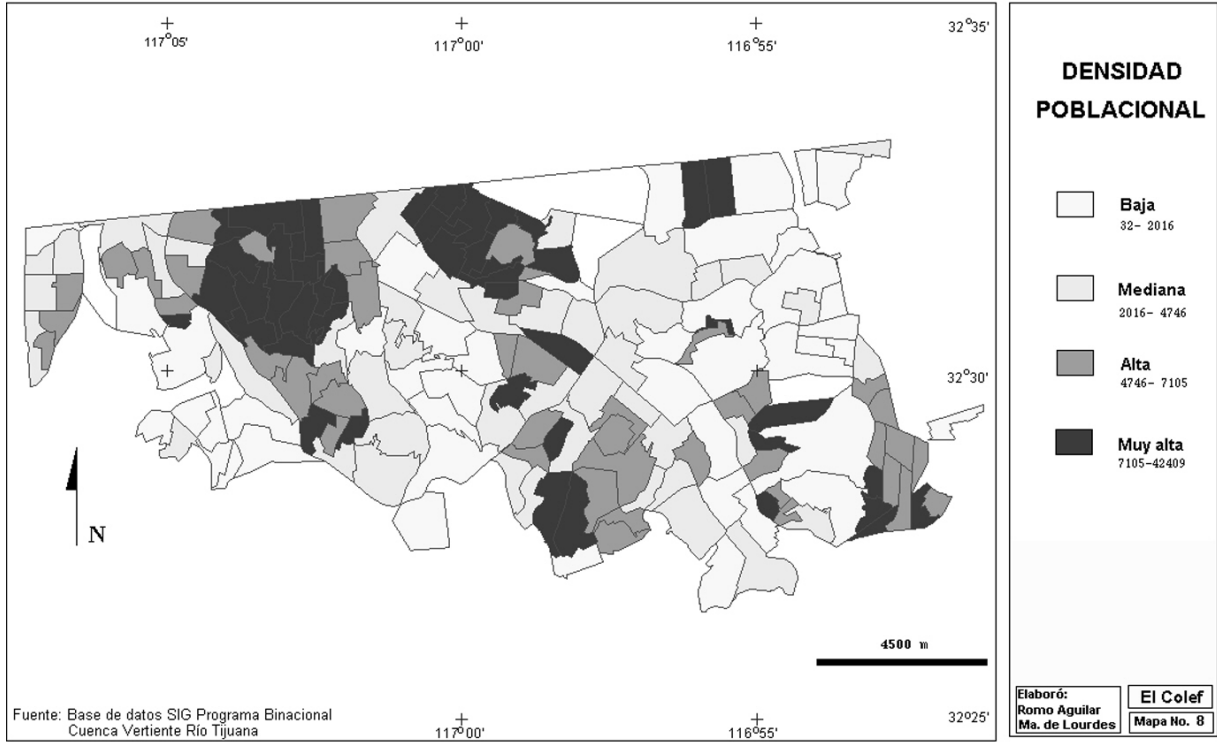
La densidad media cubre una superficie de 26.8% y se encuentra principalmente al oeste y en menor escala al este de la canalización del río Tijuana y al sureste, de la mancha urbana. La densidad alta cubre una extensión de 16.7% localizándose al centro, oeste y sur de la ciudad.

La densidad muy alta se concentra principalmente en las áreas centrales, junto a la línea internacional y en la colonia Libertad, cubre una extensión de 17.0% de la mancha urbana. Esto nos indica que básicamente existe una consolidación urbana en el centro y oeste de la ciudad donde las densidades son mayores y en la zona de los cañones donde sus residentes utilizan el espacio accesible para la urbanización.

De lo anterior se deduce que la población en algunas zonas con poco desarrollo urbano son las que presentan densidades bajas y media baja, estas coinciden con las zonas condicionadas y restrictivas para la urbanización.

Finalmente cabe señalar que el 5.1% de la superficie restante está conformado por AGEB's que no tienen datos como por ejemplo el correspondiente a la caseta y carretera de cuota a Ensenada así como la cima del cerro Colorado.

MAPA 8



Tipo de uso del suelo

El conocimiento de los usos del suelo en las ciudades es importante para entender el dinamismo urbano y la distribución tanto de las actividades económicas como de población, por lo que es de suma importancia conocer la distribución porcentual y la localización intraurbana de cada uno de los usos existentes en la ciudad.

Distinguir cómo se está utilizando cada unidad de la superficie urbana o qué características presenta es de vital importancia para la planeación, desarrollo y aprovechamiento de las actividades emprendidas en ese espacio urbano.

Los usos de suelo en la ciudad de Tijuana son los siguientes: residencial, comercial, industrial, en desarrollo, en construcción, transporte, institucional, recreativo, agricultura, agua y finalmente los deshuesaderos de vehículos automotores (yonkes) (Mapa 9).

CUADRO 4. 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

El uso residencial es considerado como el suelo utilizado sólo para vivienda, este uso predomina con un 52.89% de cobertura en la mancha urbana (Cuadro 4), se distribuye en toda la ciudad a excepción del centro y concentrándose más en el sur y oeste de esta. Al ser la zona más extensa en cobertura en la ciudad, lógicamente es la más susceptible a problemas urbanos, dada su ubicación en la periferia de la mancha urbana.

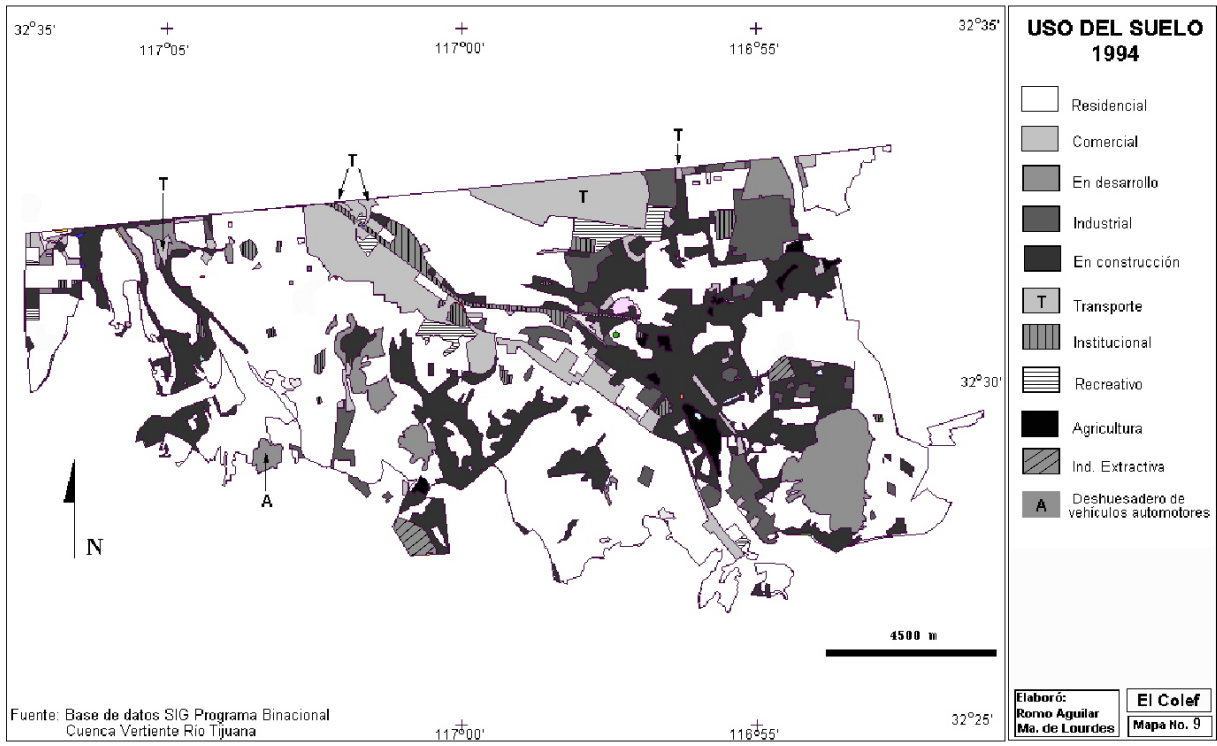
El área en construcción abarca el 18.74%, representando esto el segundo lugar en porcentaje de ocupación del espacio, lo que significa que es muy fuerte la dinámica demográfica y urbana.

Las áreas comerciales cubren el 5.67% de la mancha urbana de Tijuana, se ubican principalmente en la zona centro y Río y en los ejes viales más importantes de la ciudad (Boulevard Agua Caliente-Díaz Ordaz y el Boulevard Insurgentes, entre otros) y en menor escala en la Mesa de Otay y en el Fraccionamiento Playas de Tijuana.

Las áreas en desarrollo cubren 5.45% de la mancha urbana representando un grave problema para su crecimiento ya que se produce la especulación de esas áreas aprovechando que el suelo es sumamente escaso en esta ciudad. Estas zonas se localizan principalmente en la parte este de la ciudad.

La zona industrial cubre el 4.72%, ésta se localiza principalmente al Este de la ciudad, donde se ubican la ciudad industrial y la Mesa de Otay, entre otras. También encontramos otra área al sureste de la ciudad (El Florido), en la carretera libre a Ensenada y en el Boulevard Agua Caliente-Díaz Ordaz, provocando esta última un congestionamiento vial lo que hace que sea incompatible con las áreas residenciales contiguas (SAHOPE, 1991:40). Otro tipo de industria que aparece es la extractiva con el 0.55%.

MAPA 9



El rubro de transporte cubre el 2.92% y comprende primordialmente el Aeropuerto y la central de autobuses. El primero es el área más problemática, debido a la incompatibilidad con los demás usos contiguos, provocando externalidades negativas como contaminación por ruido y humo y la existencia de peligrosidad por accidentes (SAHOPE, 1991:40).

La categoría denominada institucional cubre el 2.05% e incluye el Palacio Municipal, así como la canalización del Río Tijuana, considerados espacios de equipamiento urbano necesarios para la comunidad.

Lo recreativo cubre el 1.4% y dentro de esta categoría está el parque Morelos, el Centro Cultural Tijuana, así como las pocas áreas verdes de la ciudad.

Las áreas menores están ocupadas con los siguientes rubros: la agricultura representa el 0.9%, el deshuesadero de vehículos automotores es el 0.27%, mientras que el agua (presa Abelardo L. Rodríguez) es el 0.12%. El 4.32% restante se refiere a las áreas sin datos.

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 5, donde se observan cuatro categorías resultantes: muy baja, baja, mediana y alta.

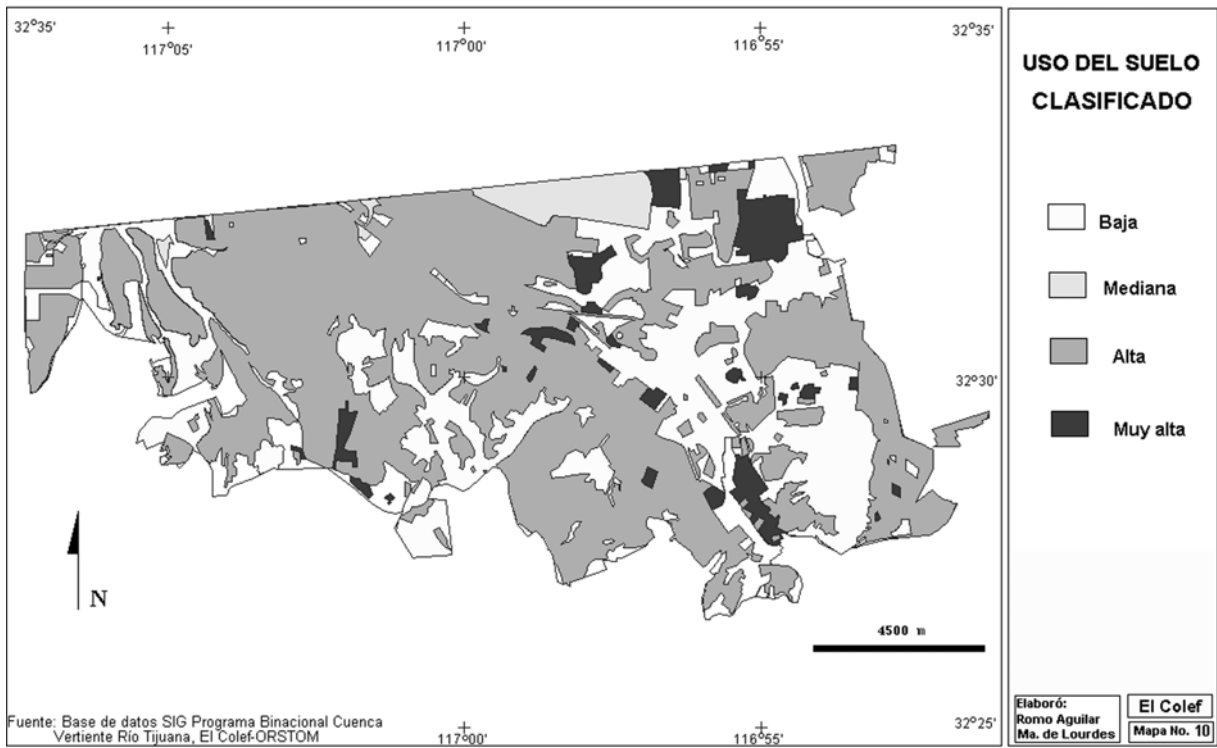
CUADRO 5. AGRUPACIÓN DE USOS DEL SUELO POR INVERSIÓN

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

El porcentaje de área que ocupa cada categoría es el siguiente: Baja inversión 27.45%; mediana 2.92%; alta 60.60%; muy alta 4.72% y el 4.31% lo ocupan las zonas sin datos.

Se observa que la categoría predominante es la de mediana inversión, esta categoría agrupa los siguientes usos del suelo: residencial, comercial e institucional, como se observa en el mapa 10 se distribuye casi en toda la zona urbana de Tijuana.

MAPA 10



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 estado físico de la misma, refiriéndose al tipo, calidad y conservación de los materiales de que está construida.

El ritmo de crecimiento de la población urbana de Tijuana se auna a una intervención pública particularmente limitada en materia de producción de vivienda, y presenta un cuadro muy negativo en cuanto a las condiciones de la misma, sólo el 8% de las viviendas de Tijuana lo promueve el sector público; 14% es de promoción privada, por lo que el resto es producido por el sector social³⁶. La producción de la vivienda, basada esencialmente en la intervención directa del futuro habitante, se enfrenta además a la escasez de materiales en la frontera norte. En tanto, la utilización de material de desecho es frecuente: llantas de vehículos rellenas para muros de contención en terrenos de alta pendiente y uso intensivo de madera de reuso, esto es, materiales de baja calidad y durabilidad.

En la zona urbana de Tijuana los materiales componentes de la vivienda se presentan de la siguiente manera:

Los materiales que se utilizan en muros con respecto al total de viviendas son: bloque, ladrillo y tabique con un porcentaje de 53.78%, madera con el 41.90%, adobe con 0.51%, lámina de cartón con 0.94%, embarro o bajareque con 0.35%, carrizo, bambú o palma con el 0.01%, lámina de asbesto o metálica con 0.54%, otros materiales con 1.22% y 0.69% de materiales no especificados.

Los materiales que se utilizan en techos en relación al total de viviendas son: lámina de cartón con un porcentaje de 2.35%, palma, tejamanil o madera con 66.26%, lámina de asbesto o metálica con 1.58, teja, losa de concreto con 0.20% tabique o ladrillo con 26.84, otros materiales con 1.98% y 0.79% de materiales no especificados.

Los materiales que se utilizan en pisos son: madera, mosaico u otros recubrimientos con el 26.82%, los de tierra con el 7.62% el resto es de material no especificado con el 72%. Por lo que se puede observar los materiales que predominan en lo vivienda son:

- 1) En pisos: el concreto, la madera y los mosaicos u otros recubrimientos.
- 2) En muros: el bloque, el tabique y el ladrillo.
- 3) En techos: la madera, la palma y el tejamanil.

³⁶ Hiernaux, D., op. cit. p.66.

Por lo anterior, y para correlacionar la calidad de vivienda con respecto al tipo de riesgo que se pueden presentar, se dividió ésta en dos tipos de resistencia:

Un primer tipo de resistencia ante eventos de tipo hidrometeorológicos (Resistencia de la vivienda 1), que agrupa porcentaje de viviendas con techos de lámina, asbesto o cartón metálico con paredes de madera, que son materiales flexibles con resistencia para algún movimiento telúrico, que en todo caso no representan peligro para los ocupantes de este tipo de viviendas, pero no son resistentes a los eventos meteorológicos.

La determinación de estas categorías es obra del propio autor mediante un largo proceso en el SAVANE, que comprende en primera instancia establecer por medio de cuantiles los rangos con porcentajes de concentración para cada variable, esto es, para la variable “techo de lámina” se establecen tres cuantiles:

1) De 0.0 a 2.74%

2) 2.74 a 3.95%

3) 3.95 a 27.03

De igual forma se aplica a la variable “paredes de madera”, resultando los siguientes cuantiles:

1) 0.0 a 0.0

2) 0.0 a 0.4

3) 0.4 a 4.41

Posteriormente se elabora una matriz de tres por tres para cruzar ambas variables, como la que se muestra a continuación:

Techo \ Pared	1	2	3
1	1	2	3
2	2	4	6
3	3	6	9

→ 1 Muy baja

→ 2 Baja

→ 3 Mediana

→ 4 Alta

En esta matriz se observa la agrupación de los productos a discreción, resultando cuatro categorías ordenadas de menor a mayor concentración de viviendas con este tipo de materiales, en el cuadro 6, se expresa la superficie en km² que ocupa cada categoría así como el porcentaje correspondiente dentro de la zona urbana de Tijuana.

CUADRO 6. RESISTENCIA DE LA VIVIENDA (1): % VIVIENDAS CON TECHO DE LÁMINA Y PAREDES DE MADERA

Categoría	Sup. en Km ²	Porcentaje
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 es poca la cantidad de viviendas con tales características tanto como el porcentaje de áreas que tienen una alta concentración de viviendas con techo de lámina y paredes de madera, aún cuando este tipo de materiales se encuentran presentes aunque con muy baja o mediana concentración en prácticamente toda la mancha urbana.

Estos resultados se expresan espacialmente en el mapa 11, donde se observa que la mayor concentración de viviendas con este tipo de materiales se encuentra pegada a la línea internacional, y otras áreas se ubican al sur y este de la ciudad.

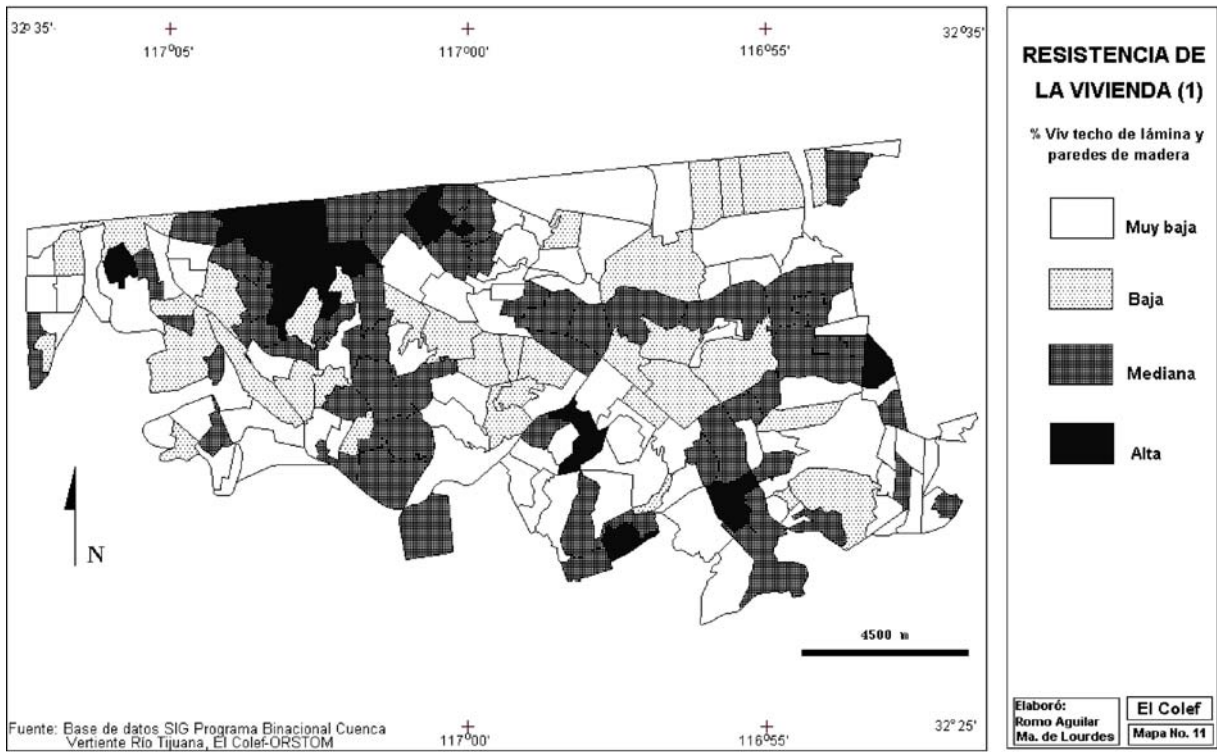
El segundo tipo de resistencia ante eventos sísmicos (Resistencia de la Vivienda 2), agrupa diferentes tipos de concentración de viviendas con techo de losa y pared de tabique, éstos son materiales resistentes a fenómenos como inundaciones, que ante un evento sísmico representan un peligro potencial para los ocupantes de las viviendas. Al igual que en el anterior tipo de resistencia, se establecen los rangos para cada variable por medio de cuantiles. Para la variable “techo de losa”, los grupos son:

1) 0.0 a 11.08

2) 11.08 a 26.18

3) 26.18 a 94.4%

MAPA 11



Para la variable “pared de tabique”:

1) 0 a 40

2) 40 a 59.95

3) 59.95 a 97.12%

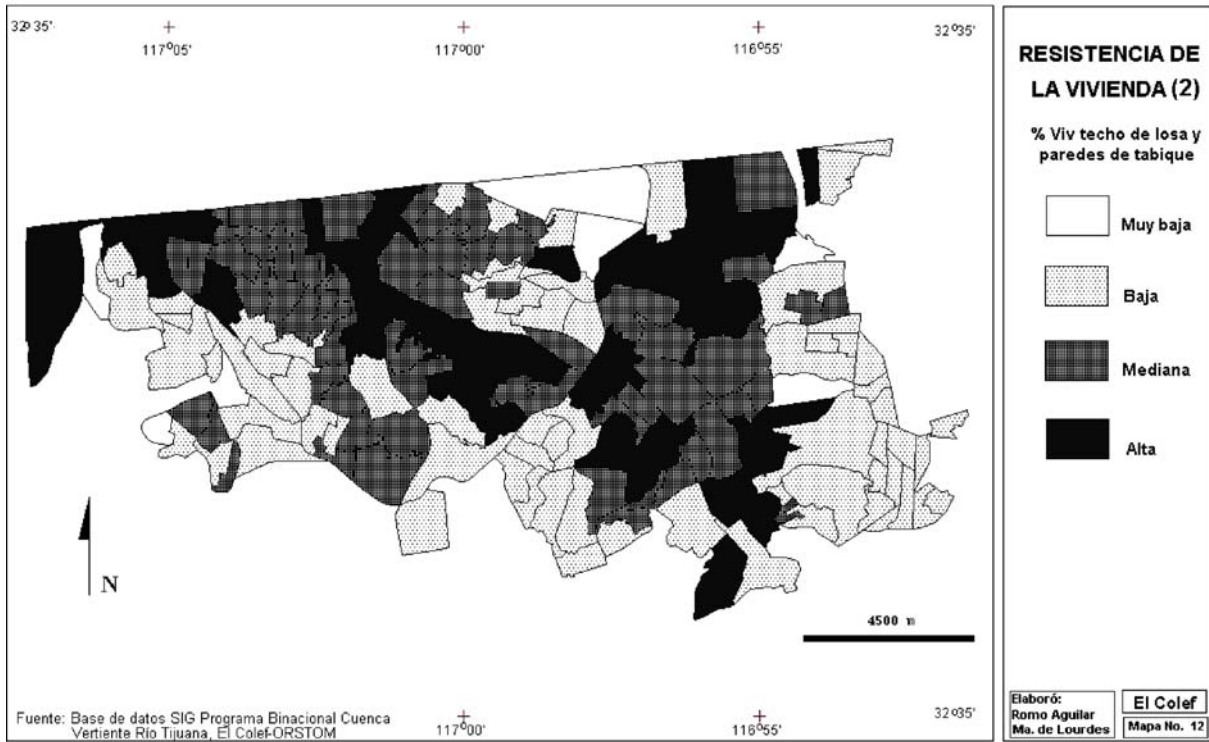
A continuación, mediante una matriz de tres por tres (como la usada en el caso anterior), se obtienen cuatro categorías, también ordenadas de menor a mayor concentración de este tipo de materiales, la superficie en km² así como los porcentajes correspondientes (Cuadro 7).

Cuadro 7. Resistencia de la vivienda (2): % viviendas con techo de losa y paredes de tabique

Categoría	Sup. en Km ²	Porcentaje
1 Muy baja concentración	10.44	5.74
2 Baja concentración	67.12	36.93
3 Mediana concentración	53.98	29.70
4 Alta concentración	50.22	27.63

Estos datos indican que un porcentaje considerable de áreas presentan de mediana a alta concentración de viviendas con techo de losa y paredes de tabique, esto se expresa espacialmente en el mapa 12, donde se observa que en zonas como Playas de Tijuana, Zona Río, y algunas otras al sur y este, es donde existe la mayor concentración de viviendas con este tipo de material.

MAPA 12



Nivel de ingreso

El desarrollo económico de la ciudad de Tijuana se puede comparar con el que han tenido otras ciudades fronterizas del país, ya que la ciudad se ha convertido en una zona que concentra fuentes generadoras de empleo como respuesta a la creciente demanda de servicios de infraestructura que ocasiona la implantación de maquiladoras.

La población económicamente activa de los tres sectores (primario, secundario y terciario) en la ciudad de Tijuana para 1990 se conforma por el 70.36% de la población de 12 años y más igual a 504,179 habitantes, de los cuales 256,824 habitantes corresponden a la P.E.A de la ciudad (Mpio. de Tijuana, 1994).

La población ocupada del municipio de Tijuana (de la cual la mayor parte se encuentra en la zona urbana de Tijuana), se desempeña principalmente como artesanos y obreros (21%), comerciantes y dependientes (12.2%), operadores de maquinaria fija (12%) y oficinistas (10%).

En Tijuana prevalece la actividad del sector terciario (comercio y servicios), que constituye el 56.5% de la población ocupada. Dentro de los municipios de Baja California es el que más población registra dedicada a los servicios. La ciudad muestra una especialización en las actividades comprendidas dentro del sector terciario como

reflejo de su situación geográfica y su desarrollo económico por ser un centro de servicios que atiende tanto a la población local como a la que se localiza a sus alrededores.

En relación a la distribución de la población económicamente activa de la ciudad de Tijuana, según sus rangos de ingresos se presentan de acuerdo al número de salarios mínimos que percibe, como se muestra en el cuadro 8. En la actualidad la ciudad de Tijuana sigue caracterizándose como punto clave de relevo en el recorrido de los migrantes hacia Estados Unidos de América, lo que genera altos índices de desempleo y subempleo, que en cierta medida quedan registrados dentro de la población económicamente activa.

Cuadro 8. Población ocupada según rango de ingresos. Fuente: Mpio. de Tijuana, 1994

	1990	1993	%
Pob total	716,570	946,858	
Pob ocupada	261,526	331,306	
Rangos			
1 salario mínimo	21,320	27,002	8.15
1-2 salarios mínimos	68,712	87,034	26.27
2-3 salarios mínimos	70,835	89,751	27.09
3-5 salarios mínimos	47,468	60,132	18.15
5 y más salarios mín	42,133	53,373	16.11
no especificado	11,058	14,014	4.23

Estos porcentajes aún cuando sean del municipio de Tijuana, reflejan en gran medida lo referente al centro de población de Tijuana, ya que éste concentra la mayor parte de la población municipal. Para determinar el nivel de ingreso en la zona urbana se utilizó la información por AGEB, agrupándose los salarios en los siguientes rangos:

- a)** 0 a 1 salario mínimo,
- b)** 1 a 2
- c)** 2-5, y
- d)** 5 y más salarios mínimos

Cabe aclarar que, el rango de 5 y más salarios, no se encuentra como tal en la base de datos, por lo que se dedujo a partir de la diferencia entre la PEA y la suma de los otros rangos.

Con el fin de uniformizar los valores a nivel de AGEB posteriormente se multiplican los otros rangos por diferentes factores escogidos al centro de cada clase y se dividen entre la Población Económicamente Activa (PEA); la fórmula utilizada se escribe a continuación:

$$\{(a * 0.5)+(b*1.5)+(c*3.5)+[(PEA-a+b+c)*7.5]\}/PEA$$

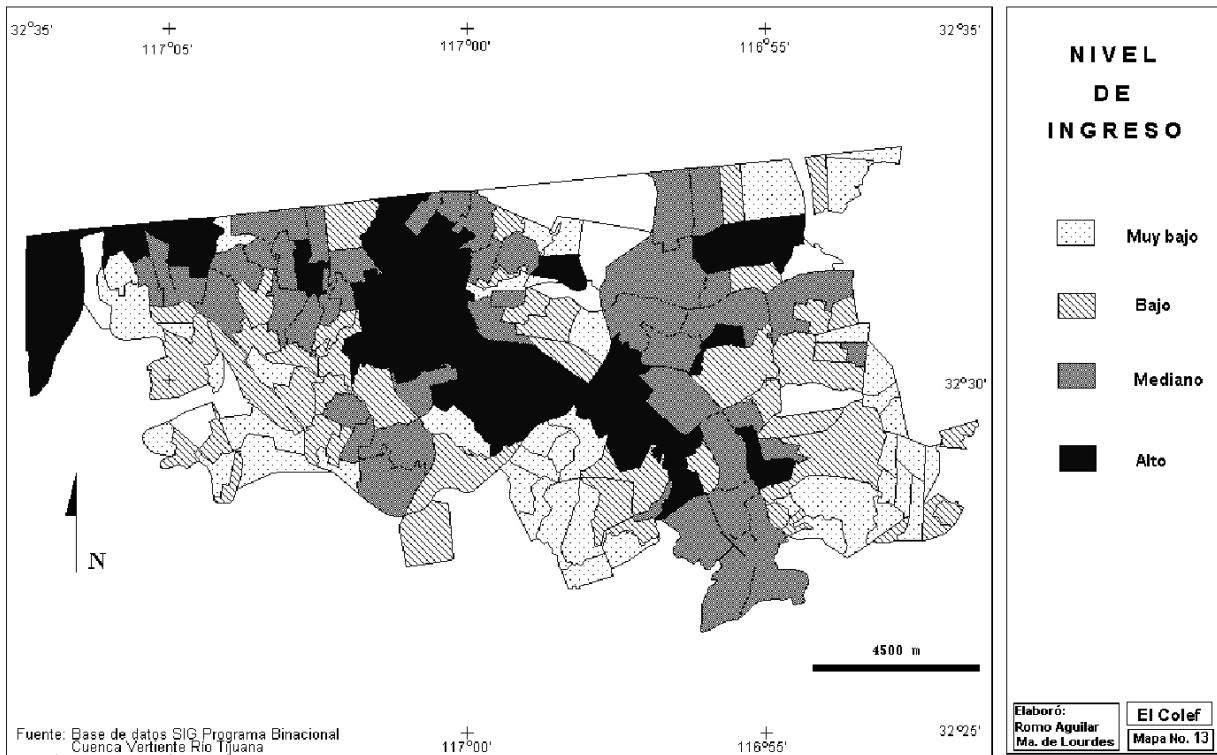
De esa manera resultan las siguientes categorías en cuanto a nivel de ingreso: muy bajo, bajo, mediano y alto.

La categoría de muy bajo nivel de ingreso cubre una superficie de 19.1% y se distribuye en la zona periférica de la ciudad (Mapa 13), el área contigua a ésta y hacia el centro de Tijuana es la de bajo nivel, con un área de 24.8%, la de mediano ingreso tiene un porcentaje de 27.7 y aunque se encuentra distribuida de manera heterogénea, las áreas mayores se localizan hacia el este, finalmente la categoría de alto nivel de ingreso cubre una superficie de 22% y se concentra en Playas de Tijuana y en los márgenes del río Tijuana.

En suma, se observa que la repartición de los niveles de ingreso en la ciudad no se distribuye de manera uniforme o siguiendo patrones de distribución de otras ciudades donde se supone que las zonas con alto nivel de ingreso se encuentran en la parte central y las áreas con menores niveles de ingreso se encuentran en las zonas periféricas.

En el caso de Tijuana por ejemplo, se observan áreas de muy bajo nivel de ingreso aledañas a las de alto nivel de ingreso, lo que le imprime características particulares a la ciudad para tomarlas en cuenta en el momento de presentar los resultados.

Mapa 13



Integración de las variables para determinar la vulnerabilidad social

Para determinar la vulnerabilidad social se integraron las variables de densidad poblacional, uso del suelo y resistencia de la vivienda. Debido a que se han determinado dos tipos de resistencia de la vivienda como ya se explicó en el apartado correspondiente, de igual manera se establecen dos tipos de vulnerabilidad social.

El primer tipo de vulnerabilidad a fenómenos hidrometeorológicos (Vulnerabilidad 1), involucra a la vivienda con techos de lámina y paredes de madera, que se verían seriamente dañadas en el caso de inundaciones (fenómeno hidrometeorológico). El segundo tipo vulnerable a fenómenos geológicos y geomorfológicos (Vulnerabilidad 2), es con referencia a la vivienda con techo de losa y paredes de tabique que se verían más afectadas en caso de algún movimiento telúrico.

Vulnerabilidad 1. La sobreposición mediante el SIG SAVANE, de los temas de uso del suelo (clasificado), densidad poblacional, y resistencia de la vivienda (1), da como resultado la determinación de 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% (Mapa 14).

Esto indica que las áreas que mayor porcentaje de superficie ocupan en la ciudad son de muy baja y baja vulnerabilidad a fenómenos hidrometeorológicos. Estas áreas se

encuentran ampliamente distribuidas en la mancha urbana, 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 como se observa en el mapa 14, 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 capítulo anterior como susceptibles a inundaciones y anegamiento.

Vulnerabilidad 2 (Mapa 15). Al igual que en el otro tipo de vulnerabilidad, se sobreponen las tres variables ya mencionadas sólo que ahora se hace con la Resistencia de la Vivienda 2.

De lo cual resultan las siguientes clases: muy baja con 20.98%, baja con 26.69%, mediana con 35.36% y alta con 16.75%. El área de muy baja vulnerabilidad ante eventos sísmicos se encuentra hacia el sur y este de la ciudad, y en el AGEB correspondiente al aeropuerto. Esto se explica porque esas áreas son de baja densidad poblacional, con usos de suelo de baja inversión monetaria y baja concentración de viviendas construidas con techos de losa y paredes de tabique.

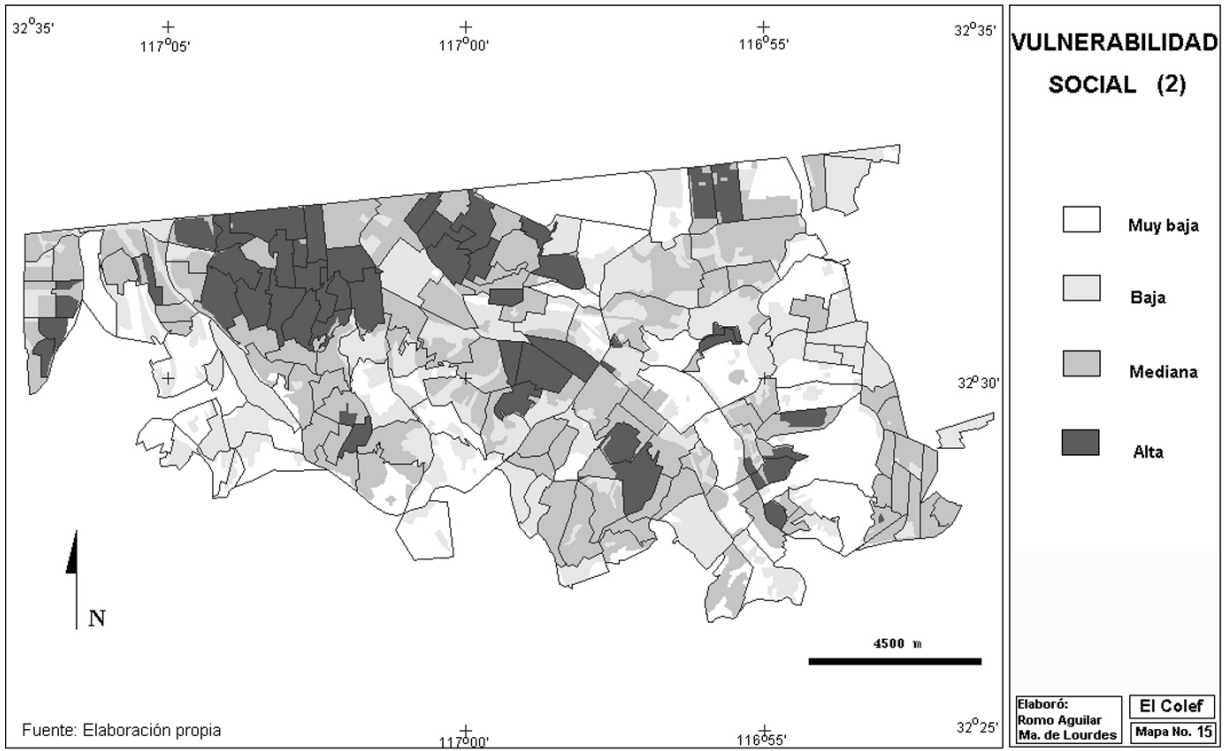
Finalmente al hacer la correlación entre estos dos tipos de vulnerabilidad social (Mapas 14 y 15) con el nivel de ingreso (Mapa 13), se observa que las zonas determinadas

como de alta vulnerabilidad a eventos hídricos involucra a los niveles de ingreso mediano y alto, mientras que las determinadas como de alta vulnerabilidad a eventos sísmicos tiene injerencia principalmente sobre el nivel de ingreso medio y en menor medida sobre el nivel de ingreso alto.

Mapa 14



Mapa 15



VIII. TIPOS Y GRADOS DE RIESGO EN LA ZONA URBANA DE TIJUANA, B. C.

Las áreas de riesgo se determinan a partir de la sobreposición de la susceptibilidad del relieve (capítulo V) y la vulnerabilidad social (capítulo VI), toda vez que se han determinado dos tipos de vulnerabilidad resultan entonces dos zonificaciones denominadas en este estudio riesgos a fenómenos hidrometeorológicos (riesgos tipo uno) y riesgos a fenómenos geológicos y geomorfológicos (riesgos tipo dos).

Riesgos a fenómenos hidrometeorológicos (Tipo uno)

Este tipo de riesgos (Mapa 16), se establece mediante el traslape de la Susceptibilidad y la Vulnerabilidad Social (1), con el fin de ver el comportamiento de las viviendas y los riesgos ante un evento hidrometeorológico.

A continuación se presenta el cuadro 9 con cada categoría de riesgo, su clasificación, la superficie y el porcentaje que ocupan en la zona urbana de Tijuana:

CUADRO 9. SUPERFICIE Y PORCENTAJE DE LOS NIVELES DE CADA RIESGO DE TIPO 1

Riesgo	Superficie km ²	%
Anegamiento	23.76	13.67
Muy bajo	9.01	5.18
Bajo	6.95	4.00
Medio	5.64	3.25
Alto	2.16	1.24
Inundación	29.04	16.71
Muy bajo	7.98	4.58
Bajo	9.60	5.53
Medio	8.10	4.66
Alto	3.36	1.94
Nulo	128.96	69.61

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, de las cuales la mayor parte se conformó a partir de 1950 sobre áreas establecidas en este estudio como susceptibles a inundación. La peligrosidad se incrementa al correlacionar la Vulnerabilidad 1, 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.

El riesgo de anegamiento 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 ocurrida a partir de 1970, con niveles de ingreso bajo, mediano y alto. La zona del aeropuerto registra muy bajo riesgo de anegamiento debido a que no registra ni población ni vivienda que pueda sufrir percance.

Con lo anteriormente expuesto se observa que aproximadamente el 30.38% de la superficie de Tijuana está expuesta a este tipo de riesgos en mayor o menor medida.

Riesgos a fenómenos geológicos y geomorfológicos (Tipo dos)

Este tipo, involucra la Susceptibilidad y la Vulnerabilidad Social (2) (Mapa 17). La superficie y el porcentaje que ocupan los diferentes grados de cada tipo de riesgo, se muestran en el cuadro 10.

CUADRO 10. SUPERFICIE Y PORCENTAJE DE LOS NIVELES DE CADA RIESGO DE TIPO 2

Riesgo	Superficie Km ²	%
Depositación	22.36	14.39
Muy bajo	3.22	1.86
Bajo	6.70	3.86
Medio	9.81	5.65
Alto	2.63	1.51
Erosión-remoción en masa	24.86	14.3
Muy bajo	9.85	5.66
Bajo	6.79	3.91
Medio	6.31	3.63
Alto	1.91	1.1
Nulo	134.54	71.31

En este cuadro se observa que el riesgo que mayor superficie ocupa es el de erosión-remoción en masa con 24.86 km², mientras que el de depositación cubre una superficie 22.36 km² del total.

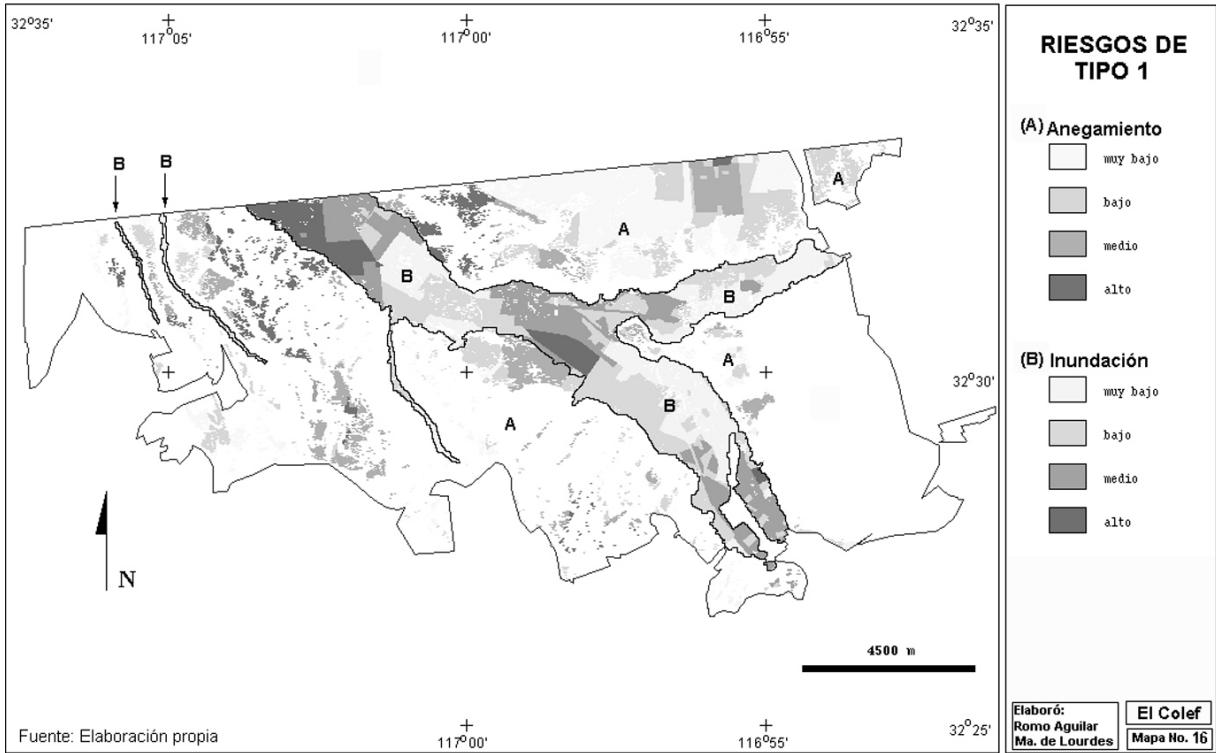
En lo que se refiere al riesgo de erosión-remoción en masa, éste cubre el 14.3% de la superficie total y se ubica principalmente sobre las áreas de cañadas que de manera peculiar en Tijuana están ocupadas por asentamientos de carácter popular que aún no tienen una urbanización completa, aún cuando ésta inició desde 1950 en estas zonas. Los riesgos de erosión-remoción en masa con niveles medio y alto se concentran principalmente en las áreas establecidas a partir de 1984 a 1994, con usos de suelo de

tipo residencial y en construcción. Estas áreas involucran los cuatro niveles de ingreso, aunque en mucho menor proporción el nivel de ingreso alto.

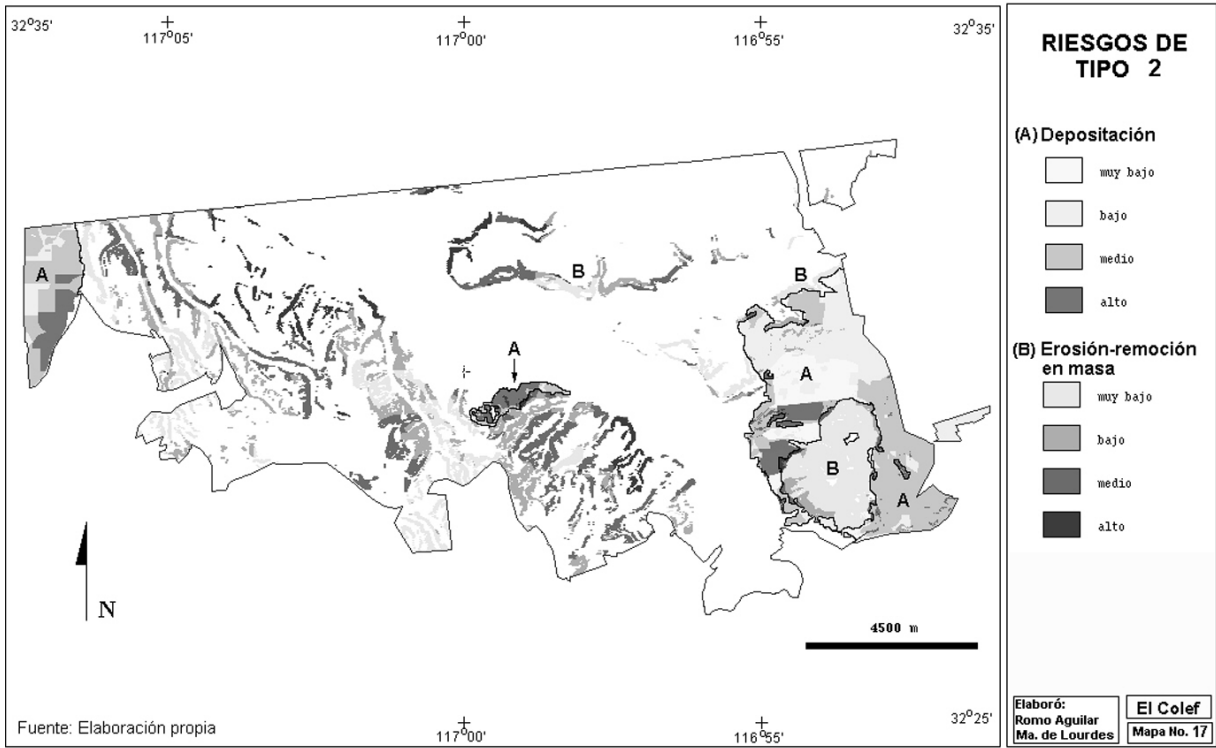
En lo que concierne a los riesgos por depositación, el mayor porcentaje lo ocupa el nivel medio, que se ubica en los extremos oeste y este de Tijuana. En el oeste, en Playas de Tijuana se encuentran niveles de ingreso medio y alto, el primero corresponde al periodo de urbanización de 1950 a 1970 y el segundo al periodo de 1971 a 1983. En el extremo este, corresponde al periodo de urbanización que va de 1984 a 1994.

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 (anegamiento, inundación, depositación y erosión-remoción en masa). Esto es el resultado del conjunto de factores físicos, demográficos, sociales y económicos que interactúan en este espacio geográfico.

Mapa 16



Mapa 17



VIII. CONSIDERACIONES FINALES Y PROPUESTAS

En la zona urbana de Tijuana, B. C., más de la mitad de la superficie total presenta la posibilidad de sufrir alguno de estos tipos de riesgo: inundación, anegamiento, depositación o erosión-remoción en masa.

Las áreas con riesgo de inundación ocupan principalmente las terrazas bajas en las márgenes del Río Tijuana y del Arroyo Alamar. Esta zona es conocida como Zona del Río donde se encuentran áreas comerciales y residenciales.

Las zonas con riesgo de anegamiento se sitúan sobre las mesas como es el caso de la Mesa de Otay y las mesas al oeste de la mancha urbana. La primera tiene usos de suelo de tipo residencial e industrial y las segundas principalmente tienen uso residencial.

El riesgo de depositación se localiza en la terraza marina denominada Fraccionamiento Playas de Tijuana y en los lomeríos bajos aledaños al Cerro Colorado al este de la ciudad. Ambos tienen uso del suelo de tipo residencial, aunado a que al este continúa el proceso de urbanización.

El riesgo de erosión-remoción en masa en menor o mayor escala ocurre en la mayor parte de las cañadas. De estas, la mayoría se encuentran pobladas por asentamientos de tipo popular.

Estos tipos de riesgo como se analizó en este estudio, son el resultado de la combinación de una serie de factores naturales, demográficos, sociales y económicos, esto es, aunque Tijuana presente relieve accidentado 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.

En este trabajo se resalta de igual manera que los altos grados de riesgo se ubican en las zonas urbanizadas a partir de 1950 a la fecha (principalmente posterior a 1970), donde se dio el crecimiento explosivo de la ciudad expandiéndose en un 200% con respecto al periodo de 1874 a 1950. Lo anterior apoya la hipótesis central planteada al inicio de este trabajo:

“Existe un gradiente de riesgos ambientales de origen natural que se asocia directamente con la forma de ocupación del espacio y el crecimiento desordenado de la zona urbana de Tijuana, B. C. “

Por otra parte, se observa que los niveles de riesgo no tienen relación con el nivel socioeconómico de la población, esto es, de igual manera se presentan altos grados de riesgo en zonas con bajo, mediano y alto nivel de ingreso, por lo que se rechaza la hipótesis secundaria:

“Se considera además, que los riesgos son mayores en zonas más pobres y con menos infraestructura urbana.”

Con todo lo hasta aquí planteado es evidente que se deben tomar cartas en el asunto y que las autoridades correspondientes, en especial el gobierno local por medio de su dirección de planeación y desarrollo urbano necesita hacer planes de manejo así como controlar y vigilar de manera más estrecha las nuevas construcciones y el reforzamiento de las ya existentes, ya que no se puede descartar la posibilidad de riesgos.

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., y colaboradores, 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 10. Niveles de riesgo y propuesta de uso

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

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 establezcan medidas remediales, como protección y reforzamiento de las construcciones y sobre todo vigilancia por parte de las autoridades.

Es por ello que esta investigación constituye un elemento importante a considerar en los futuros planes de desarrollo a manera de mitigación, precaución y ordenamiento del territorio.

BIBLIOGRAFIA

Aguirre, Celso. (1990). Geografía básica del estado de Baja California. México.

Alexander D., (s/r). "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, Div. Ciencias de la Tierra, Dep. de Geología. México.

Ashby, R. J. and Minch, J. A. (1984). "The Upper Pliocene San Diego Formation and the occurrence of *Carcharodon megalodon* at La Joya, Tijuana, Baja California, Mexico". In: Miocene and Cretaceous Depositional Environments, Northwestern Baja California, Mexico, A. J. Minch and J. R. Ashby (eds). American Association of Petroleum Geologists. p. 19-24.

Berger, V. and Schug, L.D. (1991). "Probabilistic evaluation of seismic hazard in the San Diego-Tijuana Metropolitan region". In: Environmental perils in the San Diego region, P. L. Abbot and J. W. Elliott (eds.). Geological Society of America Annual Meeting.

Brune, Simons, Rebollar and Reyes, (1979), "Seismicity and faulting in northern Baja California", in P.L. Abbott and W. J. Elliott, eds., Earthquakes and other perils -San Diego region: San Diego Association of Geologist Guidebook

- 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.
- Castro Valderrabano, O.** (1993). Riesgo geológico asociado con fallamiento en las áreas El Pato y el Pastejé, Tijuana, B. C. Tesis de Licenciatura en Oceanología. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. México. 42 pp.
- Chuvieco, Emilio.** (1990). Fundamentos de Teledetección Espacial. Ediciones RIALP, S. A. Madrid, España. 453 pp.
- CONAPO.** (1994). Evolución de las ciudades de México 1900-1990. 108 pp.
- Delgado Argote, L., Hinojosa Corona, A., Aragón Arreola, M., Chávez Velazco, 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. 29 pp.
- Duval, G.** (1992). Investigación disciplinaria y enfoque sistémico. La generación de un método en un dominio específico. Mimeo.
- Fournier, E. M.** (1979). "Objectives of volcanic monitoring and prediction". En: Journal of Geology Society. Vol.136. London, Great Britain. pp. 321-326.

Gobierno del Estado de Baja California, Secretaría General de Gobierno.

CONEPO. (1992). Baja California y sus municipios, información general cifras y datos. México. 175 pp.

García, E. (1981). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México. 252 pp.

García, R. (1986). "Conceptos básicos para el estudio de sistemas complejos". En Leff, E. (coord). Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo. Siglo XXI. México.

Hewitt, K. (1983). "The idea of calamity in a technoic age2. En: Hewitt, K. Ed. Interpretations of Calamity. Unwin-Hyman, London. pp. 3-32.

Hiernaux, Daniel. (1986). Urbanización y autoconstrucción de vivienda en Tijuana. Centro de Ecodesarrollo. México. 146 pp.

INEGI. (1976). Carta Geológica La Presa I11D71. Escala 1:50 000. 1a. edición.

INEGI. (1977). Carta Geológica Murúa I11D61. Escala 1:50 000. 1a. edición.

INEGI. (1978). Carta Geológica Tijuana I11C69. Escala 1:50 000. 1a. edición.

INEGI. (1985). Carta Topográfica La Presa I11D71. Escala 1:50 000. 3a. impresión de la 1a. edición de 1975.

INEGI. (1985). Carta Topográfica Murúa I11D61. Escala 1:50 000. 3a. impresión de la 1a. edición de 1977.

INEGI. (1985). Carta Topográfica Tijuana I11C69. Escala 1:50 000. 2a. impresión de la 1a. edición de 1977.

INEGI. (1980). X Censo General de Población y Vivienda. México.

INEGI. (1990). XI Censo General de Población y Vivienda. México.

Kusel, C. (1988). "Tijuana: ¿Una ciudad donde fluye leche y miel?", en Klagsbrum, V. (comp.) Tijuana, cambio social y migración, El Colef.

Legg and Kennedy (1979), "Faulting offshore San Diego and northern Baja California", in P. L. Abbott and W. J. Elliott, editors, Earthquakes and other perils -San Diego region, San Diego Association of Geologists Guidebook.

Legg (1985), Geologic structure and tectonics of the inner continental borderland offshore northern Baja California, Mexico, Ph. D. dissertation, University of California at Santa Barbara, Santa Barbara, California.

Leopold Luna B., Wolman M. G., Miller J. P. (1964). Fluvial processes in geomorphology. De. Freeman and Company, USA.

Lugo Hubp J. (Comp.). (1989). Diccionario geomorfológico. Instituto de Geografía. UNAM.

Macías, J. M. (1995). "Significado de la vulnerabilidad social frente a los desastres". En Revista Mexicana de Sociología.1995.

Macías, J. (coordinador) (1996). Deastres naturales. Aspectos sociales para su prevención y tratamiento en México. UNAM, CONACyT, SIMAC, Univ Autónoma de Sinaloa. México.

Maskrey, A. (compilador) (1993). Los desastres no son naturales. La RED (Red de Estudios Sociales), ITDG (Intermediate Technology Development Group). Tercer Mundo Editores, Colombia, pp 166.

- Minch, J. A.** (1967). Stratigraphy and structure of the Tijuana-Rosarito Beach area, northwestern Baja California. Mexico. Geological Society of America Bulletin, vol. 78, p. 1155-1178. USA.
- Montalvo-Arrieta, J. C.** (1996). Deslizamientos de laderas inducidos por terremotos en la ciudad de Tijuana, B. C. Tesis de Maestría en Ciencias de la Tierra con especialidad en Sismología. CICESE. Ensenada, B. C.
- Munguía-Orozco, L. and A. Vidal-Villegas.** (1991). "Seismicity of the Northern Baja California region:1980-1990", in Patrick L. Abbott and William J. Elliot eds. Environmental Perils San Diego Region. GSA Annual Meeting and SDAG, USA. p. 61-75.
- Municipio de Tijuana, Gobierno del Estado, Secretaría de Desarrollo Social.** (1994). Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Tijuana. México.
- Pachauri, K. A. and Pant, M.** (1992). Landslide hazard mapping based on geological attributes. Engineering Geology, Vol. 32, p. 81-100.
- Padilla Corona, Antonio.** (1989). "Desarrollo urbano". En Historia de Tijuana 1889-1989. UABC, el Gob. del edo. de Baja California.
- Palacio, A. G.** (1995). Ensayo metodológico geosistémico para el estudio de los riesgos naturales. Tesis de Maestría en Geografía. UNAM. México. 119 pp.
- Panizza, M.** (1991). "Geomorphology and seismic risk". En:Earth-Science Reviews, 31. Elsevier Science Publishers B. V. Amsterdam. pp 11-20.
- Piñera, R. David y Jesús Ortíz.** (1983). "Inicios de Tijuana como asentamiento urbano" , en Panorama histórico de Baja California, Mexicali, UNAM, UABC.

Ranfla González, Arturo. (1989). "Expansión física y desarrollo urbano de Tijuana 1900-1984". En Historia de Tijuana 1889-1989. Tomo II. UABC, el Gob. del edo. de Baja California. p.188.

Ranfla González A., Guillermo B. Alvarez de la Torre. (1986). "Expansión física, formas urbanas y migración en el desarrollo urbano de Tijuana 1900-1984". En: Ciencias Sociales, cuaderno núm. 2. Instituto de investigaciones sociales. UABC. México. p. 18.

Rodríguez Bautista, Juan J. (1992). Análisis socio-espacial del uso del suelo residencial en la ciudad de Tijuana. Tesis de Maestría en Desarrollo Regional. El Colef. 148 pp.

Romo Aguilar M. L. (1994). Geomorfología de la llanura de inundación del Río San Pedro, Nayarit. Tesis de Licenciatura en Geografía. Facultad de Geografía, Universidad de Guadalajara. pp 66.

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

Still Well, D. H. (1992). "Natural Hazards and Disasters in Latin America". En: Natural Hazards 6. No. 2. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. pp. 131-159.

Strahler, N. A. and Strahler, H. A. (1993). "Environmental Geosciences: Interaction between natural systems and men". Hamilton Publishing Company.

Suárez-Vidal, Armijo, Morgan, Bodin and Gastil (1991), "Framework of recent and active faulting in Northern Baja California", in The Gulf and Peninsular Province of the Californias, J. P. Dauphin and B. R. T. Simoneit, editors, The American Association of Petroleum Geologists, Memoir.

- Tinoco Tellez, Hermila.** (1994). La regulación de los usos del suelo en Tijuana 1984-1990. Maestría en Desarrollo Regional. El Colef.
- Turner, B. A.** (1976). "The development of disasters: a sequence model for the analysis of the origin of disasters". *The Sociological Review* 24 (4), pp 753-774.
- Tudela, Fernando.** (1993). "Población y sustentabilidad del desarrollo: los desafíos de la complejidad". *Comercio Exterior*. Vol. 43, núm. 8. México.
- Valdiviezo O. Guillermo S.** (1992). Cambios en la jerarquía intraurbana y su impacto en los usos del suelo. El caso de Tijuana, B. C. Tesis de Maestría en Desarrollo Regional. El Colef.
- Verstappen H. Th.** (1992). Estudios de geomorfología en España. El concepto de geomorfología aplicada. Sociedad Española de Geomorfología. Murcia, España.