



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL



CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO  
INTEGRAL REGIONAL

Análisis de riesgo de inundación en el municipio de Mazatlán mediante el uso de  
sistemas de información geográfica (SIG).

TESIS

Que para obtener el grado de  
Maestra en Ciencias en Gestión Ambiental

Presenta:

Frantza Julien

Directores

DR. Armando Cortés Ortiz

M. en C. Noelia Rivera Quintero

Victoria de Durango, Dgo., Diciembre de 2012



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

*ACTA DE REVISIÓN DE TESIS*

En la Ciudad de Durango, Dgo. siendo las 11:50 horas del día 23 del mes de Noviembre del 2012 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR-IPN DGO para examinar la tesis titulada:

**Análisis de riesgo de inundación en el municipio de Mazatlán mediante el uso de sistemas de información geográfica (SIG)**

Presentada por la alumna:

	JULIEN	FRANTZA
Apellido paterno	Apellido materno	Nombre(s)

Con registro: 

B	1	0	2	5	9	9
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

\_\_\_\_\_  
Dr. Armando Cortés Ortiz

\_\_\_\_\_  
M. en C. Noelia Rivera Quintero

\_\_\_\_\_  
Dr. Eduardo Sánchez Ortiz

\_\_\_\_\_  
Dra. Martha González Elizondo

\_\_\_\_\_  
Dra. Norma Almaraz Abarca



PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

\_\_\_\_\_  
Dr. José Antonio Ávila Reyes



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

## ACTA DE REGISTRO DE TEMA DE TESIS Y DESIGNACIÓN DE DIRECTOR DE TESIS

México, D.F. a 23 de Noviembre del 2012

El Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR Durango en su sesión ordinaria No. 8 celebrada el día 06 del mes de Septiembre conoció la solicitud presentada por el(la) alumno(a):

	JULIEN	FRANTZA							
Apellido paterno	Apellido materno	Nombre (s)							
Con registro:									
<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr> <td style="width: 20px;">B</td> <td style="width: 20px;">1</td> <td style="width: 20px;">0</td> <td style="width: 20px;">2</td> <td style="width: 20px;">5</td> <td style="width: 20px;">9</td> <td style="width: 20px;">9</td> </tr> </table>			B	1	0	2	5	9	9
B	1	0	2	5	9	9			

Aspirante de: Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental

1.- Se designa al aspirante el tema de tesis titulado:  
Análisis de riesgo de inundación en el municipio de Mazatlán mediante el uso de sistemas de información geográfica (SIG)

De manera general el tema abarcará los siguientes aspectos:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2.- Se designa como Directores de Tesis a los Profesores:  
Dr. Armando Cortés Ortiz y M. en C. Noelia Rivera Quintero

3.- El trabajo de investigación base para el desarrollo de la tesis será elaborado por el alumno en:  
CIIDIR-IPN Unidad Durango  
que cuenta con los recursos e infraestructura necesarios.

4.- El interesado deberá asistir a los seminarios desarrollados en el área de adscripción del trabajo desde la fecha en que se suscribe la presente hasta la aceptación de la tesis por la Comisión Revisora correspondiente:

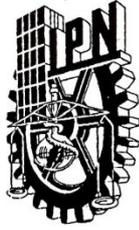
Directores de Tesis

\_\_\_\_\_  
Dr. Armando Cortés Ortiz

\_\_\_\_\_  
M. en C. Noelia Rivera Quintero

Aspirante  
  
\_\_\_\_\_  
Lic. Frantza Julien

Presidente del Colegio  
  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Antonio Ávila Reyes



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

*CARTA CESIÓN DE DERECHOS*

En la Ciudad de **DURANGO, DGO.**, el día **23** del mes de **NOVIEMBRE** del año **2012-**, la que suscribe **FRANTZA JULIEN** alumna del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL** con número de registro **B102599**, adscrita a **CIIDIR-IPN UNIDAD DURANGO**, manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del **DR. ARMANDO CORTÉS ORTIZ** y de la **M. EN C. NOELIA RIVERA QUINTERO** y cede los derechos del trabajo intitulado **ANÁLISIS DE RIESGO DE INUNDACIÓN EN EL MUNICIPIO DE MAZATLÁN MEDIANTE EL USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección [frantzaju@yahoo.fr](mailto:frantzaju@yahoo.fr) Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

**FRANTZA JULIEN**

Nombre y firma

LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE LLEVÓ A CABO EN EL CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, UNIDAD DURANGO, BAJO LA DIRECCIÓN DEL DR. ARMANDO CORTÉS ORTIZ Y LA M. en C. NOELIA RIVERA QUINTERO.

## **DEDICATORIA**

*Les obstacles ne doivent pas t'arrêter.  
Si tu rencontres un mur, ne te retourne pas et n'abandonne pas.  
Tu dois comprendre comment escalader, traverser ou contourner le problème.  
Michael Jordan*

*A Dios por mi existencia, por cada momento maravilloso de mi vida y el logro de este éxito.*

*A mi madre Rosita Julien que me enseñó desde mi infancia los buenos y verdaderos valores de la vida, a creer en la educación y la fe de un mañana mejor. La adoro y la valoro mucho.*

*A mí querida familia Jean Dit Woosvelt Julien, Jasmine Julien, Emeline Julien, Rose Sherley Julien, Rosena Barthol, Merthilde Beauzil, Jude Beauzil, Marc Antoine Alcindor, Emistel Alcindor por su cariño y su amor.*

*A todos mis familiares que de una u otra forma me dieron su apoyo para el logro de este éxito.*

*A todos mis amigos especialmente al Ing. Forestal Botánico William Cinea.*

*A todos los que creen en la realización de sus sueños.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al CONACYT por la beca otorgada para la manutención que me permitió dedicarme de tiempo completo a mis estudios de maestría.

A mi comité tutorial conformado por:

Al Dr. Armando Cortés Ortiz mi director de tesis por dedicarme su tiempo y su apoyo incondicional, su tolerancia, su paciencia y su humildad que sin su apoyo no hubiera podido realizar este valioso trabajo.

A mi Co directora M. en C. Noelia Rivera Quintero por sus comentarios, sus buenos consejos, su apoyo incondicional y por la confianza que me brindó para la realización de este trabajo.

A la Dra. Martha González Elizondo mi asesora por sus buenas observaciones y comentarios, así como por todo su apoyo.

A la Dra. Norma Albarca asesora de tesis por sus valiosas observaciones y comentarios y por su amistad.

Al Dr. Eduardo Sánchez Ortiz mi asesor de tesis por sus valiosos comentarios y observaciones y su contribución a la realización de este trabajo

Al Dr. Jesús Herrera Corral asesor de tesis y profesor de Seminario III y IV por sus comentarios acertados, resolución de unas dudas y todo su apoyo.

Al Dr. José Antonio Ávila Reyes por su desempeño a la resolución de mis pendientes administrativos y por su apoyo económico.

Al equipo del posgrado Dr. Marco Antonio Márquez Linares A Karina Rodríguez Corral, Lidia Correa, Mayra por su buena disposición y, en fin, a todo el personal administrativo del CIIDIR por cada sonrisa y abrazo que iluminaba mi día. Les agradezco mucho.

A toda la familia Rivera Quintero: Luz María, Marisol, Francisco, Esteban Villegas, por su incondicional apoyo que me ha brindado desde que llegue a Durango y por su amistad. Les agradezco mucho.

A la familia Macías Salmerón por su amistad.

A todos mis compañeros y amigos de generación, especialmente a Marisela Salmerón Macías y a Daniela Margarita Nevares Quiñones por su amistad, por todo el apoyo que me han brindado en los momentos más difíciles desde que llegue a Durango e inicié la maestría. A Diana Libertad Sánchez, Vladimir García Aguilar, María Teresa Salazar, por su apoyo incondicional cada vez que necesitaba una explicación. A Inocencia Avalos Huertas, por los buenos momentos que pasamos juntas y a María de Lourdes Corral Bermúdez, por ser fuente de energía positiva. Les agradezco y los valoro mucho.

Doy un agradecimiento general a todos los que participaron directamente o indirectamente en la realización de este trabajo.

# ÍNDICE

<b>RELACIÓN DE CUADROS.....</b>	<b>I</b>
<b>RELACIÓN DE FIGURAS.....</b>	<b>VI</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>X</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XI</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>I.- ANTECEDENTES .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1.- Desastre natural .....</b>	<b>3</b>
1.1.1.- Conceptos y definiciones.....	3
1.1.2.- Clasificación y tipos de desastres naturales .....	4
<b>1.2.- Inundación .....</b>	<b>5</b>
1.2.1.- Conceptos de inundación .....	5
1.2.2.- Tipos o categorías de inundación .....	5
<b>1.4.- Vulnerabilidad .....</b>	<b>6</b>
1.4.1.- Tipos de vulnerabilidad.....	7
1.4.1.1.- Vulnerabilidad social .....	7
1.4.1.2.- Vulnerabilidad física .....	8
1.4.1.3.- Vulnerabilidad económica .....	8
1.4.1.4.- Vulnerabilidad ecológica .....	9
<b>1.5.- Riesgo .....</b>	<b>9</b>
<b>1.6.- Análisis de riesgo .....</b>	<b>10</b>
1.6.1.- Análisis de riesgos como proceso de gestión de riesgo .....	10
1.6.2.- Partes principales de un análisis de riesgos.....	11
1.6.3.- Métodos de cálculo de riesgo .....	12
1.6.3.1.- Evaluación cuantitativa de riesgo.....	12

1.6.3.2.- Evaluación cualitativa de riesgo .....	13
<b>1.7.- Los sistemas de información geográfica (SIG) .....</b>	<b>13</b>
1.7.1.- Elementos de SIG.....	14
1.7.2.- Funciones de un SIG .....	14
1.7.3.- Aplicación de los SIG y uso de cartografía en casos de riesgo de inundaciones.....	14
<b>1.8.- Estudio de casos.....</b>	<b>16</b>
<b>1.9.- Inundación en Mazatlán.....</b>	<b>17</b>
<b>II.- JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>23</b>
<b>III.- OBJETIVOS.....</b>	<b>24</b>
<b>IV.- MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>25</b>
<b>4.1.- Área de Estudio.....</b>	<b>25</b>
4.1.1.- Ubicación del área de estudio .....	25
<b>4.2.- Caracterización de los elementos del medio físico.....</b>	<b>26</b>
4.2.1.- Altitud o relieve .....	26
4.2.2.- Litología .....	27
4.2.3.- Fisiografía.....	28
4.2.4.- Sistemas de topoformas .....	30
4.2.5.- Clima .....	31
4.2.5.1.- Tipos de climas .....	31
4.2.5.2.- Precipitación.....	33
4.2.5.3.- Temperatura.....	34
4.2.6.- Hidrografía .....	35
4.2.6.1.- Ríos y cuerpos de agua .....	35
4.2.6.2.- Regiones, Cuencas y Subcuencas hidrológicas. ....	36
4.2.7.- Suelos.....	38
4.2.8.- Cobertura del suelo .....	41
4.2.9.- Vías de comunicación terrestre .....	43

<b>4.3.- Aspectos Demográficos y socio económicos .....</b>	<b>44</b>
<b>4.4.- Materiales, datos y equipo .....</b>	<b>45</b>
4.4.1.- Equipos y software .....	46
<b>4.5.- Modelo conceptual general.....</b>	<b>46</b>
4.5.1.- Método de evaluación del peligro de inundación .....	49
4.5.1.1.- Definición de los factores, variables y criterios de evaluación .....	50
4.5.1.2.- Estandarización o normalización de las variables.....	55
4.5.1.2.1.- Estandarización o normalización de las variables continuas ....	55
4.5.1.2.2.- Estandarización o normalización de las variables discretas .....	58
4.5.1.3.- Ponderación de las variables. ....	62
4.5.1.4.- Generación del mapa de peligro .....	65
4.5.2.- Análisis morfométrico de las subcuencas hidrológicas en el municipio de Mazatlán. ....	66
4.5.3.- Método de evaluación de la vulnerabilidad global .....	68
4.5.3.1.- Evaluación de la vulnerabilidad social.....	69
4.5.3.1.1.- Definición de las variables e indicadores de la vulnerabilidad social. ....	69
4.5.3.1.2.- Asignación de valores de vulnerabilidad .....	70
4.5.3.1.3.- Ponderación de los indicadores de las variables de la vulnerabilidad social .....	78
4.5.3.1.4.- Generación de los mapas de vulnerabilidad social.....	83
4.5.3.2.- Evaluación de la vulnerabilidad física .....	83
4.5.3.2.1.- Definición de las variables y componentes.....	83
4.5.3.2.2.- Asignación de valores a los componentes de las variables.....	85
4.5.3.2.3.-Generación de los mapas de vulnerabilidad física .....	86
4.5.3.3.- Evaluación de la vulnerabilidad económica .....	86
4.5.3.4.- Evaluación de la vulnerabilidad ecológica.....	88
4.5.4.- Evaluación de riesgo .....	89
<b>V.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>91</b>
<b>5.1.- Evaluación de peligro de inundación .....</b>	<b>91</b>
5.1.1.- Generación de mapas de las variables normalizadas .....	91

5.1.1.1.- Mapas de las variables continuas .....	91
5.1.1.2.- Mapas de las variables discretas .....	94
5.1.3.- Ponderación de las variables.....	100
5.1.4.- Generación de mapa de peligro de inundación .....	101
<b>5.2.- Análisis morfométrico de las subcuencas del municipio de Mazatlán.</b> .....	<b>103</b>
<b>5.3.- Evaluación de vulnerabilidad global .....</b>	<b>106</b>
5.3.1.- Evaluación de la vulnerabilidad social .....	106
5.3.1.1.- Asignación de valores y generación de mapas de los indicadores	106
5.3.1.2.-Generación de los mapas de las variables sociales.....	137
5.3.1.3.- Generación de mapa de vulnerabilidad social .....	140
5.3.2.- Evaluación de la vulnerabilidad física .....	141
5.3.2.1.- Asignación de valores y generación de mapas de los componentes de la vulnerabilidad física .....	144
5.3.2.2.- Generación del mapa de la vulnerabilidad física.....	148
5.3.3.- Evaluación de la vulnerabilidad económica .....	150
5.3.3.1.- Asignación de valores y generación del mapa de vulnerabilidad económica.....	150
5.3.4.-Evaluación de la vulnerabilidad ecológica .....	152
5.3.4.1.- Asignación de valores y generación del mapa de vulnerabilidad ecológica.....	152
<b>5.4.- Riesgo .....</b>	<b>154</b>
5.4.1.- Riesgo social .....	154
5.4.2.- Riesgo físico .....	156
5.4.3.- Riesgo económico .....	161
5.4.4.- Riesgo ecológico .....	162
<b>VI.- CONCLUSIONES .....</b>	<b>166</b>
<b>VII.- RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS .....</b>	<b>169</b>
<b>VIII.- BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>172</b>

## RELACIÓN DE CUADROS

Cuadro 1.- Ciclones/huracanes que han afectado el municipio de Mazatlán. ....	20
Cuadro 2.- Lluvias que han impactado en el municipio de Mazatlán.....	21
Cuadro 3.- Tipos de climas, símbolo y su porcentaje en superficie en el municipio	32
Cuadro 4.- Temperatura media mensual y precipitación mensual de la estación Mazatlán.....	35
Cuadro 5.- Factores, variables y criterio de evaluación de peligro de inundación.	51
Cuadro 6.- Criterio y valores asignados a los intervalos de precipitación total anual en mm. ....	59
Cuadro 7.- Criterio y valores de estandarización de la variable tipo de rocas. ....	60
Cuadro 8.- Criterio y valores de estandarización de la variable tipos de Suelos..	60
Cuadro 9.- Estandarización de la Variable Unidad hidrogeológica.....	61
Cuadro 10.- Categoría de tipo de cobertura y valores asignados. ....	62
Cuadro 11.- Escala de medida para la comparación de pares.....	63
Cuadro 12.- Matriz de comparación entre pares de variables de peligro de inundación.....	64
Cuadro 13.- Eigenvector de pesos e índice de consistencia de las variables ....	65
Cuadro 14.- Criterio índice de forma (Rf) (Horton) .....	68
Cuadro 15.- Criterio coeficiente de Compacidad.....	68
Cuadro 16.- Criterio tiempo de concentración (Horas) (Tc).....	68
Cuadro 17.- Variables e indicadores de la vulnerabilidad social. ....	70
Cuadro 18.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según la población total o número de habitantes.....	71
Cuadro 19.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según el número de habitantesde65 años y más.....	72
Cuadro 20.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según la población menor de 12 años. ....	72
Cuadro 21.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según el porcentaje de la población desocupada.....	73

Cuadro 22.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según el porcentaje de la población económicamente activa.....	73
Cuadro 23.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según el número total de viviendas habitadas.....	74
Cuadro 24.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según el porcentaje de viviendas con piso de tierra.....	74
Cuadro 25.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según el porcentaje de viviendas sin electricidad.....	74
Cuadro 26.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según el porcentaje de viviendas sin agua entubada.....	75
Cuadro 27.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según el porcentaje de viviendas sin drenaje.....	75
Cuadro 28.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según el porcentaje de viviendas con radio.....	76
Cuadro 29.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según el porcentaje de viviendas con televisión.....	76
Cuadro 30.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según el porcentaje de viviendas con teléfono fijo.....	76
Cuadro 31.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según el porcentaje de viviendas habitadas con internet.....	77
Cuadro 32.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según la población analfabeta de 15 años y más.....	77
Cuadro 33.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según el grado promedio de escolaridad.....	78
Cuadro 34.- Matriz de ponderación de los indicadores de la variable población...	79
Cuadro 35.- Matriz de ponderación de los indicadores de la variable vivienda.....	79
Cuadro 36.- Matriz de ponderación de los indicadores de la variable fuerza de trabajo.....	79
Cuadro 37.- Matriz de ponderación de los indicadores de la variable educación.	80
Cuadro 38.- Matriz de ponderación de los indicadores de la variable acceso a medios de comunicación.....	80

Cuadro 39.- Matriz de ponderación de las variables de vulnerabilidad social .....	80
Cuadro 40.- Peso (eigenvector de ponderación) de los indicadores de la variable población. ....	81
Cuadro 41.- Peso (eigenvector de ponderación) de los indicadores de la variable Vivienda. ....	81
Cuadro 42.- Peso (eigenvector de ponderación) de los indicadores de la variable fuerza de trabajo. ....	81
Cuadro 43.- Peso (eigenvector de ponderación) de los indicadores de la variable educación. ....	82
Cuadro 44.- Peso (eigenvector de ponderación) de los indicadores de la variable acceso a medio de comunicación. ....	82
Cuadro 45.- Peso (eigenvector de ponderación) de las variables de vulnerabilidad social. ....	82
Cuadro 46.- Variables y elementos o componentes de la vulnerabilidad física.....	84
Cuadro 47.- Vulnerabilidad asignada a los componentes de la variable Infraestructura vías de comunicación. ....	85
Cuadro 48.- Vulnerabilidad asignada a los componentes de la variable Infraestructura eléctrica. ....	85
Cuadro 49.- Vulnerabilidad asignada a los componentes de la variable infraestructura hidráulica. ....	85
Cuadro 50.- Variables e indicadores de la vulnerabilidad económica .....	86
Cuadro 51.- Indicadores y valores de vulnerabilidad a las inundaciones. ....	87
Cuadro 52.- Matriz de ponderación de los indicadores de la variable agricultura. ....	87
Cuadro 53.- Pesos de ponderación de las áreas agrícolas. ....	87
Cuadro 54.- Variables e indicadores de la vulnerabilidad ecológica .....	88
Cuadro 55.- Indicadores y calificación de vulnerabilidad ecológica.....	88
Cuadro 56.- Superficie según el grado de peligro .....	103
Cuadro 57.- Características morfométricas de las cuencas del municipio de Mazatlán .....	104
Cuadro 58.- Grado de vulnerabilidad de las localidades por el número población. ....	107

Cuadro 59.- Grado del vulnerabilidad de las localidades según la población menor de 12 años. ....	109
Cuadro 60.- Grado de vulnerabilidad de las localidades, según la población de 65 años y más. ....	111
Cuadro 61.- Densidad de población en el estado, municipio, y ciudad de Mazatlán. ....	113
Cuadro 62.- Grado de vulnerabilidad de las localidades según el número de viviendas habitadas. ....	115
Cuadro 63.- Grado de vulnerabilidad de las localidades según el porcentaje de viviendas particulares habitadas con piso de tierra. ....	117
Cuadro 64.- Grado de vulnerabilidad según el porcentaje de viviendas habitadas sin electricidad. ....	118
Cuadro 65.- Grado de vulnerabilidad de las localidades según el porcentaje de viviendas sin drenaje. ....	120
Cuadro 66.- Grado de vulnerabilidad de las localidades según el porcentaje de viviendas sin agua entubada. ....	121
Cuadro 67.- Grado de vulnerabilidad debido al porcentaje de viviendas con acceso a radio ....	123
Cuadro 68.- Grado de vulnerabilidad según el porcentaje de viviendas con acceso a televisión. ....	125
Cuadro 69.- Estandarización de viviendas con acceso teléfono fijo ....	126
Cuadro 70.- Grado de vulnerabilidad de las localidades según el porcentaje de viviendas con acceso a internet. ....	128
Cuadro 71.- Grado de vulnerabilidad en las localidades según el porcentaje de población analfabeta de 15 años y más. ....	129
Cuadro 72.- Grado de vulnerabilidad en las localidades según el promedio de escolaridad. ....	131
Cuadro 73.- Vulnerabilidad de las localidades según el porcentaje de población económicamente activa. ....	133
Cuadro 74.- Vulnerabilidad de las localidades según el porcentaje de población desocupada. ....	134

Cuadro 75.- Las localidades con su índice de marginación .....	136
Cuadro 76.- Resumen de las localidades con alto y medio grado de vulnerabilidad social .....	141
Cuadro 77.- Vulnerabilidad y dimensiones en los tipos de infraestructuras de vías de comunicación. ....	145
Cuadro 78.- Vulnerabilidad y dimensiones de los componentes del indicador tipos de infraestructura eléctrica. ....	147
Cuadro 79.- Vulnerabilidad y dimensiones de los componentes del indicador de tipo de infraestructura hidráulica. ....	148
Cuadro 80.- Vulnerabilidad y dimensiones de los componentes de la vulnerabilidad económica (en actividades agropecuarias). ....	151
Cuadro 81.- Resumen de la vulnerabilidad ecológica .....	153
Cuadro 82.- Resumen riesgo social .....	154
Cuadro 83.- Resumen del riesgo social. ....	155
Cuadro 84.- Nivel de riesgo de los elementos de la infraestructura de vías de comunicación .....	157
Cuadro 85.- Nivel de riesgo a inundación de los componentes de la infraestructura hidráulica. ....	158
Cuadro 86.- Nivel de riesgo de los componentes de la infraestructura eléctrica. ....	160
Cuadro 87.- Superficie y nivel de riesgo de inundación de las áreas agropecuarias en el municipio. ....	162
Cuadro 88.- Cuadro de riesgo ecológico en función de superficie de tipos de coberturas del suelo. ....	163

## RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1.- Ubicación geográfica del área de estudio. Elaboración propia en base de datos de INEGI.....	25
Figura 2.- Mapa de altitud del municipio de Mazatlán. Elaboración propia. ....	26
Figura 3.- Mapa de sustrato geológico. Elaboración propia .....	28
Figura 4.- Mapa de provincias fisiográficas del municipio de Mazatlán. Elaboración propia .....	29
Figura 5.- Mapa de subprovincias fisiográficas del municipio de Mazatlán. Elaboración propia .....	30
Figura 6.-Mapa de sistemas de topoformas del municipio de Mazatlán.Elaboración propia .....	31
Figura 7.- Mapa de unidades climáticas del municipio de Mazatlán.Elaboración propia .....	32
Figura 8.- Mapa de Precipitación total anual del municipio de Mazatlán. Elaboración propia .....	33
Figura 9.- Mapa de temperatura media anual.Elaboración propia.....	34
Figura 10.- Régimen mensual de precipitación y temperatura en la ciudad de Mazatlán.....	35
Figura 11.- Mapa de ríos y cuerpos de agua en el municipio de Mazatlán. Elaboración propia .....	36
Figura 12.- Mapa de subcuencas del municipio de Mazatlán.Elaboración propia .	38
Figura 13.- Mapa de las principales unidades de suelo en el municipio. Elaboración propia .....	41
Figura 14.-Mapa uso de suelos y de vegetación.Elaboración propia .....	42
Figura 15.- Mapa de carreteras del municipio de Mazatlán. Elaboración propia ...	44
Figura 16.- Modelo conceptual de estimación de Riesgo. Modificado de <i>Orlando et al. (2005)</i> y <i>Vidal et al. (2001)</i> . ....	47
Figura 17.- Método conceptual general de riesgo. Modificado autor <i>Vidal et al. (2001)</i> . ....	48

Figura 18.-Etapas para la estimación del peligro o amenaza de inundación modificada de Hansen (2005). .....	50
Figura 19.- Modelo cartográfico para la generación de la variable pendiente (Software IDRISI ANDES 15.) .....	56
Figura 20.- Modelo cartográfico para la generación y estandarización de la variable altitud. (Software IDRISI ANDES 15.) .....	57
Figura 21.- Modelo cartográfico para la generación y estandarización de la variable distancia a agua. (Software IDRISI ANDES 15.) .....	58
Figura 22.- Modelo cartográfico para la generación y estandarización de las variables discretas.....	59
Figura 23.- Mapa de peligro por pendiente .....	92
Figura 24.- Mapa de peligro por altitud.....	93
Figura 25.- Mapa de peligro por distancias a los rios, cuerpos de agua y canales	94
Figura 26.- Mapa de peligro de inundación por clases de Rocas.....	95
Figura 27.- Mapa estandarizado de peligro de inundación por tipos de Suelos ....	96
Figura 28.- Mapa de peligro de inundación según el tipo de cobertura vegetal. ...	98
Figura 29.- Mapa de peligro por unidad geohidrológica. ....	99
Figura 30.- Mapa de peligro por precipitación .....	100
Figura 31.- Mapa de peligro de inundación. ....	102
Figura 32.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades por su población total.....	108
Figura 33.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades por número de población menor de 12 años. ....	110
Figura 34.- Mapa de vulnerabilidad de localidades por habitantes de 65 años y más. .....	112
Figura 35.- Gráfica de crecimiento poblacional .....	114
Figura 36.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades por número de viviendas habitadas.....	116
Figura 37.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades por el porcentaje de viviendas con piso de tierra.....	117
Figura 38.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades según el porcentaje de viviendas sin electricidad.....	119

Figura 39.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades según el porcentaje de viviendas sin drenaje.....	120
Figura 40.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades según el porcentaje de viviendas sin agua entubada .....	122
Figura 41.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades por el porcentaje de viviendas con radio .....	124
Figura 42.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades por el porcentaje de viviendas habitadas con televisión .....	125
Figura 43.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades por el porcentaje de viviendas habitadas con acceso a teléfono fijo .....	127
Figura 44.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades por el porcentaje de viviendas habitadas con acceso a internet.....	128
Figura 45.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades según el porcentaje de población analfabeta de 15 años y mas .....	130
Figura 46.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades por el promedio grado de escolaridad.....	131
Figura 47.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades según el porcentaje de población económicamente activa .....	133
Figura 48.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades por el porcentaje de población desocupada.....	135
Figura 49.- Vulnerabilidad de las localidades según el grado de marginación....	136
Figura 50.- Mapa vulnerabilidad poblacional .....	137
Figura 51.- Mapa vulnerabilidad por viviendas .....	138
Figura 52.- Mapa vulnerabilidad a productividad laboral .....	138
Figura 53.- Mapa vulnerabilidad educativa.....	139
Figura 54.- Mapa vulnerabilidad por acceso a medio de comunicación .....	139
Figura 55.- Mapa vulnerabilidad social.....	140
Figura 56.- Mapa de vulnerabilidad infraestructuras a vías de comunicación .....	145
Figura 57.- Mapa de vulnerabilidad de infraestructura eléctrica .....	146
Figura 58.- Mapa de vulnerabilidad de infraestructura hidráulica.....	147
Figura 59.- Mapa de la vulnerabilidad física.....	149

Figura 60.- Mapa de vulnerabilidad económica.....	151
Figura 61.- Mapa vulnerabilidad ecológica.....	153
Figura 62.- Mapa de riesgo social.....	156
Figura 63.- Mapa de riesgo físico.....	160
Figura 64.- Mapa de Riesgo Económico.....	161
Figura 65.- Mapa de riesgo ecológico.....	163

## RESUMEN

En los últimos años se han registrado a nivel mundial muchos fenómenos hidrológicos que han causado daños a la población humana, al medio ambiente, y a bienes materiales e infraestructura. Las inundaciones son uno de los fenómenos que provocan mayor impacto socio económico. El municipio de Mazatlán no está exento de sufrir ese fenómeno de inundación. En este trabajo a través de sistemas de información geográfica (SIG) se analizó el riesgo de inundación en el municipio de Mazatlán lo que permitió conocer los factores geomorfológicos que influyen en el peligro de inundación y evaluar la vulnerabilidad a través de indicadores relacionados. Los SIG son una herramienta tecnológica muy valiosa que permiten almacenar una gran cantidad de datos, manipularlos y efectuar análisis espaciales georeferenciadas así como elaborar mapas, que en conjunto son de gran utilidad para la resolución de problemas ambientales. Como resultados se obtuvieron un mapa de peligro de inundación, y mapas de riesgos social, físico, económico y ecológico, que permitieron caracterizar, zonificar el peligro y determinar los elementos expuestos al riesgo de inundación. Resulta evidente que la ubicación geográfica, así como, las variables asociadas a las características del medio físico del municipio de Mazatlán impactan en el peligro de inundación. Sin embargo, también se consideraron las actividades antropogénicas ya que aumentan ese peligro, y por ende, la vulnerabilidad del municipio frente al riesgo de inundación.

**PALABRAS CLAVE:** Peligro, vulnerabilidad, riesgo, inundación, sistemas de información geográfica.

## **ABSTRACT**

In recent years, many hydrological phenomena that have caused damage to human population, environment, and properties and infrastructure have been registered worldwide. Floods are among the phenomenal that cause the greatest socioeconomic impact. The municipal of Mazatlán is not excluded from the phenomenon flooding. In this research, using the geographic information systems (GIS), the risk of flooding of the municipal of Mazatlán was analyzed, which allowed knowing the geomorphic factors that influence in the flood hazard and to evaluate the vulnerability through indicators related to this regard. The GIS are a valuable technique that permits to store a lot of data, manipulate them and make georeferenced spatial analysis, and to make mappings; so that GIS are a tool of great importance in solving environmental problems. As results, one map of flood hazard and maps of risk (social, physical, economic, and ecologic) were obtained, which permitted to zone and to characterize the flood hazard, and identify the element exposed to the flood risk. Evidently the geographical location and the variables associated with the physical characteristics of the municipality of the Mazatlán impact on flood risk. But human activities increase this risk and make more vulnerable the municipality of Mazatlán to the risk of flooding

**KEYS WORDS:** Hazard, vulnerability, risk, floods, geographic information system

## INTRODUCCIÓN

Las inundaciones constituyen eventos que afectan tanto a los recursos naturales, como a la población humana y las infraestructuras. A nivel mundial, estos desastres están entre los que provocan mayores impactos socio-económicos. Estos eventos pueden ser de origen natural, antropogénico o una combinación de ambos. Son producidas por la acumulación de agua de lluvias que pueden desbordar ríos, presas, o drenajes en zonas urbanas.

Según Garnica *et al.*, (2004) las inundaciones se producen cuando el gasto de una avenida generada en una cuenca sobrepasa la capacidad del cauce por exceso de su escurrimiento o cuando una población ocupa zonas de llanuras de inundaciones naturales de un río. Hoy en día el deterioro ambiental provocado por las actividades humanas contribuye grandemente a acelerar los fenómenos peligrosos y aumentar sus riesgos. Además, la falta de o la mala planificación de un territorio ha conducido a la explotación irracional de los recursos, así como a inadecuado uso de suelo. Por tanto, la gestión de estos riesgos es preocupante en esta última década debido a las pérdidas humanas y materiales que provocan.

Los conceptos de riesgos, vulnerabilidad y amenaza están estrechamente ligados. Esto implica que no puede existir riesgo en una comunidad sin la presencia de amenaza y la debilidad de esta comunidad en el momento en que ocurre el desastre. En este sentido, el análisis del riesgo resulta de la combinación de dos componentes: el análisis de la amenaza y de la vulnerabilidad de los bienes y de las personas expuestas a la amenaza (Menoni, 2008).

Los SIG constituyen una herramienta de gran importancia en la resolución de los problemas ambientales, por tanto tienen múltiples campos de aplicación en el análisis y la gestión del riesgo de inundaciones, ya que permiten analizar espacialmente los datos, caracterizar de manera espacial la distribución de las inundaciones y visualizar, a través de mapas, las áreas críticas

y los elementos expuestos de ser afectados; de esta manera, los SIG son útiles para poder emprender acciones de planificación orientadas a la prevención, mitigación y restauración.

En este trabajo se realizó el análisis del riesgo de inundación en el municipio de Mazatlán utilizando los sistemas de información geográfica, lo que permite contribuir a la prevención y mitigación del riesgo, al definir las áreas críticas de mayor riesgo a la ocurrencia de un evento de inundación.

El estudio consistió de tres etapas principales. En la primera, se hizo la evaluación del peligro de inundación a partir del análisis geomorfológico del terreno, para lo cual se utilizaron los mapas temáticos: pendiente y altitud, cobertura vegetal, edafología, litología, hidrología y unidad geohidrológica en formato digital a escala 1:250000 haciendo uso del análisis multicriterio conjugado al de la lógica difusa.

En la segunda etapa se realizó la evaluación de la vulnerabilidad global, que a su vez se subdividió en vulnerabilidad social, física, económica y ecológica.

Por último, en la tercera etapa, a través de la superposición algebraica de los mapas que integran los dos componentes se obtuvo mapas de riesgo de inundación del municipio delimitando las áreas más críticas y los elementos y poblaciones expuestas.

La delimitación de las zonas con los diferentes niveles de peligro y de riesgos servirá como instrumento preventivo en la gestión de riesgo de inundación; y también como ayuda para una mejor respuesta a emergencias frente a las inundaciones en el municipio de Mazatlán.

## I.- ANTECEDENTES

El aumento de la población a nivel mundial y el fenómeno migratorio hacia las ciudades ha generado asentamientos humanos en zonas inadecuadas, haciendo uso de suelos, que por presentar riesgos naturales, no son aptos para habitar, y provocando desequilibrios en los sistemas naturales (Vidal *et al.*, 2001; Montoya *et al.*, 2008). Esos desequilibrios pueden generar una degradación ambiental, siendo uno de sus efectos la ocurrencia de inundaciones, éstas son ocasionadas por muchos factores, los cuales podrían ser naturales o humanos, o una combinación de ambos. Según Franco (2010) y Rodríguez (2007) las inundaciones son fenómenos socio naturales debido al uso inadecuado del territorio; por su parte Serna (2011) considera que la ocurrencia de desastres asociados a inundación son resultado del proceso de crecimiento urbano, lo cual constituye un factor de marginalidad y transformación intensiva de la naturaleza. En efecto, la recurrencia de inundaciones en las llanuras se relaciona a factores naturales tales como: régimen de precipitaciones, topografía plana del terreno y permeabilidad muy baja de los suelos. Sin embargo, los factores humanos, como son los inapropiados sistemas de captación y de almacenamiento de agua de lluvia, el diseño de una red vial, la creación de canales de manera inapropiada y la falta de un criterio integral del funcionamiento hidrológico, provocan la acumulación y el desplazamiento del agua superficial (Degioanni *et al.*, 2001).

### 1.1.- Desastre natural

#### 1.1.1.- Conceptos y definiciones

Existen muchas definiciones del concepto de desastre natural. Pero antes de definirlo es necesario diferenciar perturbación y desastre. Perturbaciones son fenómenos naturales que forman parte integral de la dinámica de los ecosistemas y del ambiente a través de su evolución; sin embargo se convierten en desastres

cuando causan daños a las poblaciones humanas, por ejemplo pérdidas de vidas humanas, económicas e infraestructura.

Así, la palabra desastre describe eventos que causan considerables daños socio económicos o ambientales, afectando el funcionamiento de la comunidad humana y superando su capacidad para hacer frente a la situación. Los desastres pueden ser de origen natural y antropogénico (Manson *et al.*, 2009; Salgado, 2005).

Los desastres naturales son considerados como perturbaciones naturales en la dinámica de los ecosistemas y juegan un papel importante en la evolución de la diversidad biológica; mientras que los desastres de origen antropogénico son provocados por las actividades humanas debido a la gestión inadecuada de los recursos naturales (Manson *et al.*, 2009). La problemática actual de los desastres naturales con incidencia urbana proviene de una inadecuada intervención del hombre en la naturaleza (Vidal *et al.*, 2001). Hay que destacar que si no existen intereses humanos a vulnerar en un área, los fenómenos naturales no constituyen un peligro ni causan desastres. Según Romeo y Mackrey (1993), un fenómeno natural es toda manifestación de la naturaleza debido a su funcionamiento interno y definen desastre natural como la correlación que existe entre los fenómenos naturales peligrosos considerando las condiciones socioeconómicas y físicas vulnerables.

#### 1.1.2.- Clasificación y tipos de desastres naturales

Existen varios tipos de desastres naturales, los que algunos autores clasifican de la manera siguiente:

Meteorológicos: Inundación, huracanes, sequía, tifones, tormenta, tornados, ondas térmicas, granizadas

Topográficos: Flujos, avalanchas, derrumbes, subsidencia

Tectónico: Erupción volcánica, terremoto, tsunami o maremoto ([http://www.eclac.cl/ddsah/mdn/cd/material/met\\_02.pdf](http://www.eclac.cl/ddsah/mdn/cd/material/met_02.pdf))

## **1.2.- Inundación**

### 1.2.1.- Conceptos de inundación

Las inundaciones son uno de los fenómenos que causan más daño al ambiente, y se definen como eventos naturales que se transforman en peligrosos cuando las poblaciones ocupan las llanuras de inundación natural de un río (Garnica *et al*, 2004). Según (Di Bella *et al*. 2008), las inundaciones no se deben solamente a fenómenos meteorológicos sino también a las actividades humanas debido a la inadecuada gestión de las cuencas hídricas. Por tanto, hoy en día se consideran las inundaciones tanto fenómenos naturales como antropogénicos. Así, para (Rodríguez ,2007) las inundaciones son amenazas socio naturales y de todos los riesgos naturales, las inundaciones provocan las más grandes pérdidas humanas y materiales (Barnolas y Llasat, 2005).

### 1.2.2.- Tipos o categorías de inundación

El Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente de la Secretaría Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales de la Organización de Estados Americanos distingue dos tipos de inundaciones: las inundaciones terrestres o inundaciones de ríos, las cuales se deben a una excesiva descarga por fuertes lluvias; y las inundaciones costeras debidas al aumento en el nivel del mar, frecuentemente exacerbado por descarga de tormentas en la parte alta de las cuencas respectivas (OEA, 1993).

Las inundaciones de ríos, también denominadas inundaciones terrestres, ocurren cuando se excede la capacidad de los lechos de los ríos para conducir el agua y ésta rebasa las riberas. Las inundaciones terrestres son fenómenos naturales que pueden ocurrir a intervalos irregulares en cualquier riachuelo o río.

Las inundaciones costeras o inundaciones marinas originadas por tormentas, son el resultado de un aumento anormal del nivel del mar, asociado con los huracanes y otras tormentas marítimas. Estas inundaciones son generadas por fuertes vientos hacia la costa o por celdas intensas de baja presión y tempestades oceánicas. El nivel del agua es controlado por el viento, la presión atmosférica, la marea astronómica existente, los tumbo y el oleaje, la topografía y batimetría costera local y la proximidad de la tormenta a la costa. La destrucción debido a las inundaciones marinas es atribuible al impacto de las olas y al choque físico con objetos asociados al paso de las olas, a las fuerzas hidrostáticas/dinámicas y los efectos del agua al levantar y acarrear objetos.

### **1.3.- Peligro o amenaza**

La peligrosidad es el conjunto de aspectos naturales o tecnológicos de un fenómeno que inciden en el riesgo y se define por la severidad del fenómeno y su probabilidad de ocurrencia (Seguinot *et al.*, 2008). Rodríguez (2007) la define como la probabilidad de ocurrencia de un evento de manera natural o provocada por la intervención humana, que contribuirá con daños y pérdidas en la sociedad.

### **1.4.- Vulnerabilidad**

Existe una multiplicidad de definiciones de la vulnerabilidad dependiente del punto de vista de cada autor.

La vulnerabilidad es la susceptibilidad de sufrir daños frente a un fenómeno natural y tener dificultad para recuperarse (Romero y Maskrey, 1993), en este sentido se puede referir a la incapacidad de una comunidad de absorber los efectos de un determinado cambio en su entorno. Menoni (2008) la define como la fragilidad de un sistema, su propensión a ser dañado por un estrés extremo (tanto natural como tecnológico) y se considera como un término opuesto a resistencia. (Seguinot *et al.* 2008) la definen como “la posibilidad de una comunidad o un territorio de experimentar graves daños frente a una catástrofe, como consecuencia de un bajo sistema de protección social y una inadecuada gestión del territorio. Está en

función de la presencia de actividades, usos y poblaciones sensibles; y por tanto, susceptibles de ser especialmente dañadas en caso de desastres naturales, accidentes o fallas tecnológicas. La vulnerabilidad ante el riesgo estaría en función de muchas variables (el desarrollo económico, el grado de organización social la experiencia en catástrofes naturales anteriores, etc.), pero es ante todo una función de la severidad del fenómeno y de las medidas de prevención, tanto estructurales como no estructurales”.

En otras palabras la vulnerabilidad constituye un sistema dinámico, que surge como consecuencia de la interacción de una serie de factores externos e internos que convergen en una comunidad o un área particular; esto se conoce como vulnerabilidad global, la cual se puede dividir en varios tipos: vulnerabilidad social, física, ecológica, económica y otras

Otro concepto de vulnerabilidad considera que es la susceptibilidad o propensión de un sistema a sufrir daños o pérdidas ante un fenómeno natural perturbador, y está determinada por sus características físicas, sociales, económicas y ambientales (DOF, 2010); la vulnerabilidad suele analizarse siempre asociada con el concepto de resiliencia, la cual es definida como la capacidad del sistema de volver a su estado original o de recuperarse, o dicho de otro modo, la capacidad de las personas o de una comunidad de afrontar y de adaptarse frente las amenazas, estrés, o situaciones riesgosas.

#### 1.4.1.- Tipos de vulnerabilidad

##### 1.4.1.1.- Vulnerabilidad social

Es el análisis de diferentes factores socio económicos que determinan el grado de condiciones desfavorables o precarias de la población, las cuales tienen efecto directo en la capacidad de respuesta ante los impactos producidos por un peligro natural, las comunidades con nivel de vida deficiente requieren apoyo del exterior para poder sobreponerse a un fenómeno, inclusive de magnitud débil (Garnica, et al., 2004).

Según Menoni (2008), la vulnerabilidad social se refiere a tres factores: vulnerabilidad de la población, su nivel de preparación y la vulnerabilidad organizativa y de gestión de instituciones de socorro. Esta se puede definir como el nivel de cohesión interna que posee una comunidad, la ausencia de liderazgo efectivo en una comunidad constituye un síntoma de vulnerabilidad social (Wilches, 1993). Cuanto mejor se desarrollen las interrelaciones dentro de una comunidad, es decir sus miembros entre sí y a su vez con el conjunto social, menor será la vulnerabilidad de la misma. La diversificación y fortalecimiento de organizaciones de manera cuantitativa y cualitativa encargadas de representar los intereses del colectivo, pueden considerarse como un buen indicador de vulnerabilidad social, así como mitigadores de la misma.

#### 1.4.1.2.- Vulnerabilidad física

Se refiere especialmente a la ubicación de asentamientos humanos en zonas de riesgo, y las insuficiencias de su infraestructura para absorber los efectos de dichos riesgos (Wilches, 1993). Según (Menoni, 2008), la vulnerabilidad física mide la fragilidad de una estructura frente a un estrés físico como podría ser el impacto causado por una inundación.

#### 1.4.1.3.- Vulnerabilidad económica

Relacionada directamente con los indicadores de desarrollo económico presentes en una población, así entre más débil o deprimido es un sector, mayor es su vulnerabilidad ante los desastres. (Salgado, 2005). Por otro lado, (Wilches, 1993) distingue la vulnerabilidad económica a nivel individual, local, y la vulnerabilidad económica a nivel de país. Según ese último autor, la vulnerabilidad económica a nivel individual y local se refiere a los problemas de desempleo, falta de ingresos, inestabilidad laboral, dificultad o imposibilidad total de acceso a servicios formales como la educación, la salud, la recreación, la inexistencia de control local sobre los medios de producción; y por otra parte la vulnerabilidad económica de un país es la incapacidad del mismo de obrar o sobrevivir con base en su propia economía, es decir, tiene excesiva dependencia económica de factores externos.

#### 1.4.1.4.- Vulnerabilidad ecológica

Se define la vulnerabilidad ecológica como las condiciones ambientales presentes en una zona, esto es, cuanto mayor sea la degradación ambiental y cuanto menos sustentable sea el uso dado a los recursos naturales presentes, mayor será la vulnerabilidad ecológica (Salgado, 2005).

La vulnerabilidad ecológica está relacionada con los modelos de desarrollo, en el sentido que estos no se fundamentan en la armonía con la naturaleza, sino en la destrucción de las reservas ambientales, que induce por un lado a unos ecosistemas muy vulnerables incapaces de auto ajustarse internamente para compensar los efectos directos o indirectos de la acción humana, y por otro lado, a eventos altamente riesgosos para las comunidades que los explotan o habitan (Wilches, 1993).

#### 1.5.- Riesgo

Existen varias definiciones y maneras de expresar el riesgo. Por ejemplo: Riesgo es la probabilidad de sufrir daños y pérdidas de vidas y bienes frente a un peligro dado (CENAPRED, 2010). Según Menoni (2008), el riesgo se refiere a daños que se pueden esperar como consecuencia de un fenómeno natural extraordinario.

Otra definición es: el riesgo es la posibilidad de que un territorio y la sociedad que lo habita pueden verse afectados negativamente como consecuencia de un fenómeno natural de rango extraordinario o del funcionamiento deficiente o accidente de una tecnología aplicada en una actividad humana (Seguinot *et al.*, 2008 ).

El riesgo consiste en la interrelación de los factores de amenaza o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno con una intensidad específica y de la vulnerabilidad de los elementos expuestos (Salgado, 2005; Rodríguez, 2007). Es evaluado mediante la fórmula:

$$R = P * V$$

Donde:

R = Riesgo

P = Peligro

V = Vulnerabilidad

## **1.6.- Análisis de riesgo**

### 1.6.1.- Análisis de riesgos como proceso de gestión de riesgo

Se define el análisis de riesgo como el proceso estratégico donde los actores sociales insertos en la dinámica de un territorio, puedan determinar el contexto y la lógica de los esfuerzos, las capacidades y los recursos de los que se dispondrá de forma correctiva y prospectiva, para llegar a niveles aceptables de seguridad humana (Cardona, 2006).

La gestión de los riesgos consiste en una serie de actividades diseñadas para reducir las pérdidas de vidas humanas y la destrucción de propiedades e infraestructuras. Los resultados de este proceso continuo de manejo pueden ser divididos en:

- ✓ **Prevención:** Medidas para disminuir el riesgo de desastres a largo plazo, eliminando sus causas como la intensidad de los fenómenos, la exposición o el grado de vulnerabilidad.
- ✓ **Preparación:** Medidas cuyo objeto es asegurar una respuesta apropiada en caso de necesidad, incluyendo alertas tempranas oportunas y eficaces, así como evacuación temporal de gente y bienes de zonas amenazadas.
- ✓ **Recuperación o reconstrucción:** Medidas de respuesta cuando está sucediendo o ha sucedido un desastre (manejo o gestión de desastres) (COSUDE, 2002).

### 1.6.2.- Partes principales de un análisis de riesgos

La metodología de trabajo que se plantea en el análisis de riesgos naturales se hace a través de tres pasos fundamentales: la evaluación de amenazas, la evaluación de vulnerabilidad y evaluación de riesgos (COSUDE, 2002). Esto permite relacionar las amenazas y vulnerabilidades con el objeto de determinar las consecuencias sociales, económicas y ambientales de un fenómeno determinado.

La evaluación de amenazas se refiere a inventarios de eventos realizados con la participación de todos los actores sociales: las municipalidades, los líderes comunales y la población; observación, mediciones de campo, recopilación y análisis de información científica con el fin de conocer las zonas susceptibles a fenómenos naturales peligrosos, la severidad y el tiempo en que estos pueden ocurrir.

La evaluación de amenaza consiste en predecir el comportamiento de los eventos naturales potencialmente dañinos y que son susceptibles de ocurrencia (COSUDE, 2002). Según Cardona (2006) la evaluación de la amenaza consiste en el "pronóstico" de la ocurrencia de un evento con base en el estudio de su mecanismo generador, el control del sistema perturbador y/o el registro de eventos en el tiempo. La evaluación de la amenaza puede ser expresada en peligro bajo, medio y alto.

Por otro lado, se define la evaluación del peligro natural, como una evaluación de la ubicación, severidad, y probable ocurrencia de un evento peligroso determinado (OEA, 1993).

La evaluación de vulnerabilidad es un proceso a través del cual se determina el nivel de exposición y la predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos ante una amenaza específica, que contribuye al conocimiento del riesgo a partir de interacciones de dichos elementos con el ambiente peligroso (Cardona, 2006; COSUDE, 2002) y puede ser definida por niveles como: baja media y alta, muy alta.

Según el manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado (OEA, 1993), la evaluación de la vulnerabilidad se refiere a la estimación del grado de pérdidas o daños que podrían resultar de un evento peligroso de severidad dada, incluyendo daños a estructuras, lesiones personales, e interrupción de las actividades económicas y funciones normales de las poblaciones.

En resumen, para la evaluación del riesgo se tienen que seguir tres pasos: la evaluación de la amenaza o peligro; el análisis de la vulnerabilidad y la estimación del riesgo como resultado de la relación de los dos parámetros anteriores (Cardona, 2006). El manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrados (OEA, 1993) define evaluación del riesgo como la estimación de la probabilidad de pérdidas esperadas por causa de un evento peligroso dado.

### 1.6.3.- Métodos de cálculo de riesgo

Existen diversos métodos para el cálculo de riesgos debidos a amenazas naturales; sin embargo, todos plantean una metodología de evaluación que distingue dos elementos: amenazas y vulnerabilidades. Entre los métodos que se utilizan para el cálculo de riesgo están los métodos de análisis cualitativos y cuantitativos.

#### 1.6.3.1.- Evaluación cuantitativa de riesgo

Los métodos cuantitativos pueden aportar, cuando son aplicables, un grado de objetividad superior. Sin embargo, la escasez de datos impide generalmente su aplicación consecuente. En los métodos cuantitativos se aplican estimaciones numéricas de intensidad o de probabilidad de un fenómeno, o incluso cálculos de riesgo que pueden sustentar en ciertos casos una afirmación cualitativa sobre el riesgo.

Los métodos cuantitativos para el cálculo de riesgo implican generalmente el uso de análisis estadísticos y probabilísticos para determinar la probabilidad de ocurrencia de los fenómenos, la vulnerabilidad de los elementos en riesgo y el riesgo inducido. El método a aplicar depende de la recurrencia del fenómeno y de su variación espacial.

#### 1.6.3.2.- Evaluación cualitativa de riesgo

La aplicación de métodos cualitativos para el análisis de riesgos implica el conocimiento preciso de la amenaza, de los elementos en riesgo y de sus vulnerabilidades expresadas de forma cualitativa, es decir, basados en la experiencia y observaciones de campo. Las probabilidades de los eventos peligrosos son estimaciones realizadas partiendo de la experiencia de los especialistas; las vulnerabilidades y el riesgo son determinados también de forma relativa. La evaluación cualitativa es la estimación del riesgo de manera relativa o mediante indicadores "riesgos relativos", que igualmente permiten tomar decisiones y definir prioridades de prevención y mitigación (Cardona, 2006). Esta evaluación consiste en el análisis de riesgo expresada de forma cualitativa al tener en cuenta el conocimiento de las amenazas, vulnerabilidades y los elementos de riesgo determinados también relativamente (COSUDE, 2002).

#### **1.7.- Los sistemas de información geográfica (SIG)**

Un SIG es un conjunto organizado de hardware, software y datos geográficos, diseñados específicamente para capturar, almacenar, actualizar, manipular, analizar y mostrar todo tipo de información referenciada geográficamente (ESRI 1990; Barnolas y Llasat 2005). Según The National Center for Geographic Information Systems and Analysis (NCGIA), (Godfied,1997) el SIG "es un sistema de hardware, software y procedimientos diseñado para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelación y representación de datos referenciados espacialmente para la resolución de problemas complejos de planificación y gestión."

### 1.7.1.- Elementos de SIG

Un sistema de información geográfica está constituido por cinco elementos o componentes (Davis, 1996): información geográfica, personal capacitado, métodos y normas de manejo, análisis de información, software y hardware.

### 1.7.2.- Funciones de un SIG

Los sistemas de información geográfica tienen una variedad de funciones, dependiendo del campo de aplicación. Los SIG son una herramienta básica para la obtención de resultados, la administración y consulta de los datos (Basterra *et al.*, 2008). El SIG de acuerdo a (Barnolas y Llasat, 2005) facilita la manipulación, almacenamiento y análisis los datos con el objetivo de actualizarlos, es decir de obtener nueva información.

### 1.7.3.- Aplicación de los SIG y uso de cartografía en casos de riesgo de inundaciones

Los (SIG) y sus diversos productos son herramientas de uso común en todos los ámbitos, en particular, en la administración de los recursos naturales y en la resolución de los problemas ambientales. Por lo que tienen varios campos de aplicación en el análisis y la gestión del riesgo de inundaciones fluviales (Diez *et al.*, 2009).

Autores en México y en el mundo han realizado trabajos sobre este aspecto y la mayoría de los trabajos realizados sobre el análisis de riesgo de inundación describen la relación de dos factores: amenaza y vulnerabilidad, y la importancia de la utilización de los sistemas de información geográfica (Orlando *et al.*, 2005; Vidal *et al.*, 2001; Menoni, 2008); Esta herramienta constituye un programa imprescindible de control de inundación (Di Bella *et al.*, 2008; Vidal *et al.*, 2001; Song *et al.*, 2006; Barnolas y Llasat 2005).

El uso del SIG permite realizar la caracterización de la distribución espacial y temporal de las inundaciones (Barnolas y Llasat 2005). Los (SIG) son

instrumentos que nos proporcionan un medio adecuado para responder a cuestiones relacionadas con la distribución espacial y las series temporales de la escorrentía y facilitan el tratamiento de la información hidrológica gracias a que incluyen procedimientos diseñados para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelación y presentación de datos georeferenciados. La compilación de un sistema de información geográfica permite la realización de un mapa de zonificación ambiental del riesgo de inundación.

Los mapas de áreas inundables, se limitan a concretar el área potencialmente afectada por las inundaciones. Se trata de determinar la ocurrencia o no de un suceso en un punto del territorio a partir de la aplicación de diferentes metodologías ampliamente utilizadas y complementarias como son: la histórica, la geomorfológica y la hidrológico-hidráulica (Ribera, 2004).

El método histórico consiste en cartografiar las áreas inundables en episodios de inundación pasados. El método geomorfológico se fundamenta en el estudio de las formas del terreno provocadas por el paso del agua. El método hidrológico e hidráulico delimita las áreas potencialmente inundables a partir de los registros pluviométricos y mediciones de los caudales y del comportamiento físico del agua en función de la morfología del terreno; con él es posible calcular el período de retorno o la probabilidad de ocurrencia que enriquece el análisis de riesgo.

Finalmente, los mapas de riesgo permiten identificar las áreas susceptibles de daños por inundación, puesto que muestran las inundaciones en relación con el impacto negativo que éstas pueden llegar a producir en personas, bienes y actividades.

Según Ribera (2004), para su elaboración, se debe disponer de cuatro mapas: los dos primeros (de áreas inundables y de peligrosidad), para localizar y caracterizar el suceso y que dan lugar al mapa final de peligrosidad; y los dos segundos (de exposición y vulnerabilidad), para localizar y caracterizar los elementos en juego que conducen al mapa final de vulnerabilidad. La superposición de estos dos mapas finales proporciona la cartografía de riesgo de daños por inundación.

## 1.8.- Estudio de casos

Algunos autores han realizado trabajos sobre las inundaciones utilizando los SIG (Di Bella *et al.*, 2008; Barnolas y Llasat, 2005). Vidal *et al.*, (2001) emplearon los SIG en la evaluación de riesgos naturales en la ciudad de Concepción, en Chile, el uso de SIG les permitió de evaluar y caracterizar las áreas de riesgos sísmicos, de inundación fluvial, anegamiento y procesos de remoción. Llorente *et al.*, (2009) hicieron un estudio de gestión del riesgo de inundaciones mediante la aplicación de SIG en Madrid, España.

Song *et al.*, (2006) mediante la utilización de SIG y la lógica difusa hicieron un estudio en el sureste del Tíbet a lo largo de la carretera Sichuan-Tíbet (China) en una parte de la cuenca del río Palongzangbu, cinco factores fueron elegidos como los principales parámetros para evaluar el peligro inundación: topografía, modelo digital de elevación, litología, pendiente y altitud.

Orlando *et al.*, (2005) a través los SIG como herramientas de ayuda para la valoración de riesgo, realizaron un estudio sobre la evaluación de riesgo de inundación en el municipio Monopoli, Italia. Para el análisis de riesgo se adoptó un esquema jerárquico de dos componentes: el peligro y la vulnerabilidad describiendo cada uno de los factores que los componen. Este procedimiento se basó en un método multicriterio de apoyo a la toma de decisiones desarrollado por Saaty hacia el final de los años 70: el AHP (Analytic Hierarchy Process) en el que a cada elemento de la jerarquía se le asigna un peso. Los factores seleccionados por el componente de peligro fueron: precipitación, pendiente, permeabilidad, vegetación, interferencias antrópicas y los factores representativos por el análisis de la vulnerabilidad fueron: población y zona urbana.

Se realizó una zonificación geológica de peligrosidad y riesgos por inundación en el territorio de Sagua de Tánamo, mediante el análisis e interpretación de las principales condiciones y causas determinantes del medio físico que propician el desarrollo de este fenómeno. Con el empleo de las técnicas de cartografía digital y SIG se obtuvo el mapa de riesgo por inundación como expresión de la influencia

de las condiciones naturales e hidrometeorológicas imperantes (Castañeda y Guardado, 2006).

Para un trabajo realizado sobre la susceptibilidad de inundación en la cuenca del río Cauto en Cuba, sector provincia Granma; a través SIG se analizó la cartografía de los mapas temáticos de: Pendiente, altitud, litología, suelo, uso del suelo para determinar las áreas más expuestas a las inundaciones objeto de estudio. Se obtuvo un mapa de peligro de inundación con los diferentes niveles: zonas extremadamente inundables, muy inundables, medianamente inundables, baja inundables, no inundables (Montecelos *et al.* 2011).

### **1.9.- Inundación en Mazatlán**

Desde el inicio del siglo XVII hasta el siglo XIX, la ciudad de Mazatlán fue un territorio de pequeñas islas de poca importancia y prácticamente no había acceso a la ciudad a causa de la gran cantidad de islas ubicadas a nivel del mar, salvo algunos cerros como los del Vigía, Nevería, Casamata, El Crestón y Loma Atravesada. Además ese aislamiento fue provocado por las lluvias y muchas entradas de mar que dejaban incomunicado al asentamiento emergente, debido a los numerosos sistemas lagunares costeros que servían de reservorio natural y que se interconectaban con los sistemas estuarios El Infiernillo, El Sábalo y Urías-La Sirena (Beraud *et al.*, 2007).

Estos ecosistemas acuáticos ejercieron una importante influencia en las actividades productivas de sus habitantes aunque la existencia de manglares en los esteros ha sido considerada un obstáculo para el desarrollo urbano por los inversionistas y las autoridades municipales, estatales y federales (Beraud *et al.*, 2009). Hoy en día se observa la destrucción y transformación en el subsistema estuario como El Sábalo, El Infiernillo, las lagunas costeras por las construcciones de puentes, hoteles y vialidades.

Esta transformación, en Mazatlán del medio ambiente natural en artificial, ha causado la desaparición de muchos recursos naturales y otros enfrentan el peligro

de una grave alteración como consecuencia de las prácticas sociales que ejercen impactos temporales sobre el sistema naturaleza-sociedad (Beraud, 1997). A su vez la desaparición de los manglares en las zonas costeras facilita las inundaciones y empobrece la pesca.

El relieve de la ciudad de Mazatlán es prácticamente plano con poca elevación a nivel del mar. Su altitud promedio sobre el nivel del mar es de tres metros, circunstancia que hace que en la época de lluvias se registren inundaciones en la mayor parte de la ciudad, dada la coincidencia de las precipitaciones con las mareas altas (Beraud, 1997).

Los factores antropogénicos pueden aumentar el peligro de inundaciones en Mazatlán en algunos casos las obras de infraestructura y equipamiento como la construcción de canales estrechos que provocan su desbordamiento aún con precipitaciones de 50 mm y también la carencia de drenaje pluvial en la ciudad (Beraud, 1997). La construcción de puentes para hacer posible la comunicación vial, ha provocado inundaciones por la reducción de sus espejos. Lo reducido del claro de los puentes hace que el agua se represe, provocando desbordamientos hacia varias colonias (Beraud *et. al* 2009). Todas estas acciones con la permisividad de las autoridades municipales, sin una política para cuidar el medio ambiente, y una nula planificación sustentable para orientar el crecimiento urbano de la ciudad y el desarrollo turístico.

A los casos mencionados hay que agregar que el crecimiento urbano de Mazatlán juega un gran impacto en el riesgo de inundación. La explosión demográfica que se ha desarrollado en la zona urbana en los últimos años, ha propiciado el asentamiento humano en zonas sin tomar en cuenta los inconvenientes o riesgos del terreno, como pueden ser terrenos susceptibles a inundaciones.

Con respecto a la situación geográfica del Municipio de Mazatlán, se identifica que en su zona litoral el nivel de peligro ante los efectos de huracanes es alto, por ello, en el apartado de inundaciones se determina con detenimiento las zonas de alto riesgo ante marea de tormenta e inundación (IMPLAN, 2011). De manera general

el municipio de Mazatlán como todos los municipios de México padecen a lo largo de su historia riesgo de inundación además de su posición geográfica y sus características físicas se encuentran la implementación de los asentamientos humanos en las márgenes de ríos, lagos cuencas e incluso en la proximidad de las líneas costeras, la expansión urbana sin un plan de desarrollo adecuado a largo plazo lo que incrementan el riesgo del municipio a inundación y también vulnerable a los huracanes.

Los huracanes y los ciclones hacen que el agua del mar invada las zonas costeras originando grandes inundaciones. El municipio se encuentra en la trayectoria natural de huracanes, además, las líneas de crecimiento se dan en forma lineal a las costas del Océano Pacífico, de norte a sur de la ciudad, presentando un crecimiento longitudinal respecto al mar. Se conocen varias fechas sobre antecedentes de impacto ciclónico en las costas de Mazatlán, según datos de Protección civil y Plan Operativo de Inundación de la ciudad de Mazatlán, Sinaloa. Organismo de Cuenca Pacífico Norte. Los cuadros 1 y 2 muestran los sistemas ciclónicos/huracanes desarrollados en el Pacífico mexicano y lluvias que impactaron en las costa de Mazatlán de 1965 a 2009.

Cuadro 1.- Ciclones/huracanes que han afectado el municipio de Mazatlán.

<b>FECHA</b>	<b>CICLONES/HURACANES</b>	<b>AREA AFECTADA</b>
26 de Septiembre 1965	THAZELL	Mazatlán
11 de octubre 1969	JENIFER H	Mazatlán/Mazatlán
27 de septiembre 1973	JENNIFER	Mazatlán
22 al 25 de octubre 1975	OLIVIA H	Mazatlán/Mazatlán
24 al 29 de octubre 1976	TTNAOMI	Mazatlán/Mazatlán
19 al 21 de septiembre 1981	TTKNUT	Mármol /Mazatlán
19 de octubre 1983	TICO H	Mazatlán/Mazatlán
28 de mayo 1983	ADOLPHO	Mazatlán
22 de octubre 1986	ROSLYN	Mazatlán
15 al 22 de octubre 1990	ROSLYN H	Mazatlán/Mazatlán
8 a 14 de septiembre 1993	LIDIA	Mazatlán
14 De octubre 1994	ROSA H	Mazatlán
14 de septiembre 1996	FAUSTO H	Mazatlán
22 de septiembre 2000	NORMA	Mazatlán
19 al 22 de septiembre 2002	NORMAN	Mazatlán
22 al 26 de octubre 2002	KENNA	Mazatlán
1 al 9 de octubre 2003	NORA	Mazatlán
21 de septiembre 2006	LANE	Mazatlán
31 Agosto 2006	JOHN	Mazatlán
30 agosto al 6 de septiembre 2007	HENRIETTE H	Mazatlán
19 de junio 2009	DEPRESIÓN TROPICAL- (DT1E)	Mazatlán
22 al 28 de octubre 2009	RICK	Mazatlán

Fuente: CONAGUA (2011) y Protección Civil S/A.

Cuadro 2.- Lluvias que han impactado en el municipio de Mazatlán.

FECHA	DAÑOS PROVOCADOS
4 de Septiembre de 2007	Inundación. Las colonias 20 de Noviembre y Lico Velarde fueron afectadas. En diversas calles de las colonias Francisco Villa, Libertad de Expresión y Dorados de Villa, entre otras, se dificultó en tráfico vehicular y peatonal así dificultó el tránsito peatonal y vehicular en la zona rural.
17 de Agosto de 2008	Debido a la inundación, una franja de la Avenida Insurgentes “desapareció”: la Laguna del Camarón se desbordo. Se vieron afectados los vecinos del Fraccionamiento Flamingos
07 de Septiembre de 2008	Inundación Las avenidas Santa Rosa, Internacional, Rafael Buelna, Gabriel Leyva, Insurgentes, Clouthier, Ejército Mexicano, Cruz Lizárraga, Jacarandas, Juan Pablo II, Río Piaxtla y las calles Juan Carrasco, Gutiérrez Nájera, Rotarismo, Guillermo Nelson. Fraccionamiento el Toreo. Las zonas afectadas fueron principalmente establecimientos y automóviles.
03 de Febrero de 2010	El agua quedó estancada más de metro y medio. Las colonias afectadas Azteca, Benito Juárez, Villa Verde, Villa Florida y la Foresta vecinos de la avenida Pérez Arce, Avenida Camarón-Sábalo también sufrió estragos al igual que una parte del Libramiento II que pasa a la altura del Fraccionamiento los Laureles.
17 de Febrero de 2010	Por las lluvias la Ciudad de Mazatlán se vio afectada principalmente en la calle Av. Camarón-Sábalo y calle Aquiles Serdán.
26 de Julio de 2010	En Mazatlán resultaron 19 Colonias afectadas por las lluvias
29 de Julio de 2010	25 Colonias afectadas por las lluvias, se provocaron encharcamientos en 4 avenidas principales: Internacional, la Marina, Camarón-Sábalo e Insurgentes. Por las fuertes lluvias esta mañana fue necesario cerrar a la circulación vehicular algunas avenidas de este puerto
06 de Septiembre de 2010	Las precipitaciones del mes de Septiembre registraron un 338.4 mm siendo el triple registrado que el mes de Marzo, se provocaron afectaciones en 20.

## Continuación Cuadro 2

07 de Septiembre de 2010	Por las lluvias se observaron 25 colonias afectadas entre ellas las siguientes: López Mateos, Jacarandas, El Torero, colonia 20 de Noviembre, Ampliación 20 de Noviembre y Lico Velarde. La intensa lluvia provocó daños materiales en centenares de viviendas, (particularmente muebles mojados), no hubo lesionados o pérdidas de vidas humanas.
08 de Septiembre de 2010	La fuerte lluvia coincidió con una marea alta, lo que provocó que el sistema pluvial se colapsara y 22 Colonias fueron afectadas.
08 de Enero de 2011	Las lluvias provocaron daños en 8 colonias López Mateos, El Toreo, Azteca, Jesús García, Flores Magón, Emiliano Zapata, Lomas de Juárez, Jesús Osuna, Hogar del Pescador, Jacarandas, Tierra y Libertad, Sábalo Country, El Dorado, Flamingos, Playas del Sol, Bosque de la ciudad; así como en algunas invasiones como Presas del Valle.
09 de Agosto de 2011	2 personas muertas por deslave del Cerro Colorado, 15 escuelas inundadas, 43 colonias, por las lluvias torrenciales.
15 de Agosto de 2011	13 asentamientos reportaron afectaciones, 1 desalojado, 2749 mil familias damnificadas
24 de Agosto de 2011	Por las lluvias se identifican 30 colonias del puerto afectadas, 2500 damnificados, 31 personas fueron trasladadas a un albergue.
25 de Agosto de 2011	Dentro de las colonias más afectadas se encuentran la López Mateos, Jacarandas, El Toreo, Salvador Allende, Villa Verde, Lico Velarde, Ampliación 20 de Noviembre, Hogar del Pescador, Presas del Valle, Fraccionamiento Del Bosque, entre otras. Dato: Más de 400 familias afectadas por lluvias Más de 25 colonias de Mazatlán sufrieron inundaciones por lluvias, mientras que en Villa Unión sacaron de sus casas a 35 familias por el desbordamiento de un arroyo.
3 de Octubre de 2011	Inundaciones en varias colonias y fraccionamientos como Toreo, Alameda, Valle Dorado y Lomas de Mazatlán. Al menos 12 vehículos estuvieron varados en el agua. La Av. Camarón - Sábalo, Av. Del mar,

Fuente: (IMPLAN, 2011)

## II.- JUSTIFICACIÓN

Las inundaciones constituyen una amenaza para las poblaciones, los ecosistemas bienes materiales e infraestructuras.

El municipio de Mazatlán por sus condiciones geomorfológicas y ubicación geográfica está sujeto periódicamente a las inundaciones, debido a que se encuentra en la trayectoria natural de huracanes en las costas occidentales de México, que hace que el agua del mar invada las zonas costeras originando pérdidas. Aunado a lo anterior, la falta de planeación adecuada para el desarrollo urbano y económico incrementa el riesgo de inundación ya que por un lado existen asentamientos humanos irregulares ubicados en zonas expuestas a ella y por otro que al ser destino turístico tiene incremento poblacional en determinadas temporadas por el arribo de visitantes.

Aun así no hay un registro estadístico formal y sistemático de la ocurrencia de la mayoría de estos eventos, de ahí que es necesario llevar a cabo la identificación y evaluación de las zonas inundables que permita ubicar localidades y elementos en condición de vulnerabilidad para así también reducir el riesgo y mitigar los efectos. Por ello, es necesario realizar estudios en el municipio de Mazatlán para generar información que contribuya a la planeación y toma de decisiones frente a los riesgos de inundación y los impactos socioeconómicos y ambientales que causan. Adicionalmente este tipo de estudios debe contribuir a un ordenamiento municipal territorial adecuado.

El presente trabajo de investigación analiza los riesgos de inundación en el Municipio de Mazatlán con el uso de sistemas de información geográfica (SIG) en sus características geomorfológicas y socioeconómicas para la definición del peligro y vulnerabilidad de inundación, respectivamente, ya que el empleo de los SIG constituyen herramientas útiles y de gran importancia en la resolución de los problemas ambientales y en la planificación de ordenamiento territorial.

### **III.- OBJETIVOS**

#### **3.1.- Objetivo General**

Evaluar el riesgo de inundación en el Municipio de Mazatlán mediante el análisis de los factores geomorfológicos y de vulnerabilidad aplicando técnicas de SIG.

#### **3.2.- Objetivos específicos**

- Evaluar el peligro de inundación dentro del municipio de Mazatlán.
- Evaluar la vulnerabilidad socioeconómica, física y ecológica a las inundaciones.
- Elaborar la cartografía del riesgo de inundación para ubicar y caracterizar las zonas con alto riesgo de inundación en el municipio de Mazatlán.

## IV.- MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1.- Área de Estudio

#### 4.1.1.- Ubicación del área de estudio

Mazatlán es un municipio ubicado en la región noroeste de México y en el Sur del Estado de Sinaloa (Figura 1). Se encuentra entre los paralelos  $23^{\circ} 04'$  y  $23^{\circ} 54'$  de latitud norte y entre los meridianos  $105^{\circ} 55'$  y  $106^{\circ} 38'$  de longitud oeste. Limita al norte con el municipio de San Ignacio y el estado de Durango; al este con el municipio de Concordia; al sur con el municipio de Rosario y el Océano Pacífico y al oeste con el Océano Pacífico. Este municipio cuenta con una superficie de  $3,068 \text{ km}^2$  que representa 4,53% de la superficie total del estado. Su localización en el entorno del rico ecosistema marino del Golfo de California o Mar de Cortés, contribuye a que sea uno de los principales puertos pesqueros del País (Beraud *et al.*, 2009).

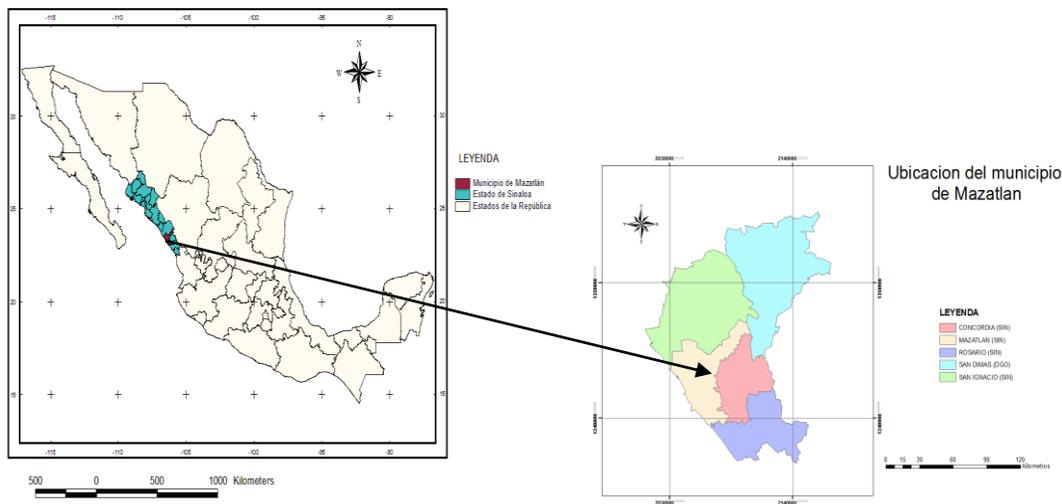


Figura 1.- Ubicación geográfica del área de estudio. Elaboración propia en base de datos de INEGI.

## 4.2.- Caracterización de los elementos del medio físico

### 4.2.1.- Altitud o relieve.

La altitud del municipio varía desde el nivel del mar hasta 2200 metros al noreste, en sus partes más altas (Figura 2). Dentro las elevaciones principales se encuentran el Cerro Pinto (1400 msnm), Cerro El Guayabito (900 msnm), Cordón Los Otates (700 msnm), Cerro El Davalan (450 msnm), Cerro Las Moras (420 msnm), Cerro Alto (400 msnm), El Güero Antonio (350 msnm), Cerro El Indio (320 msnm) (INEGI, 2008).

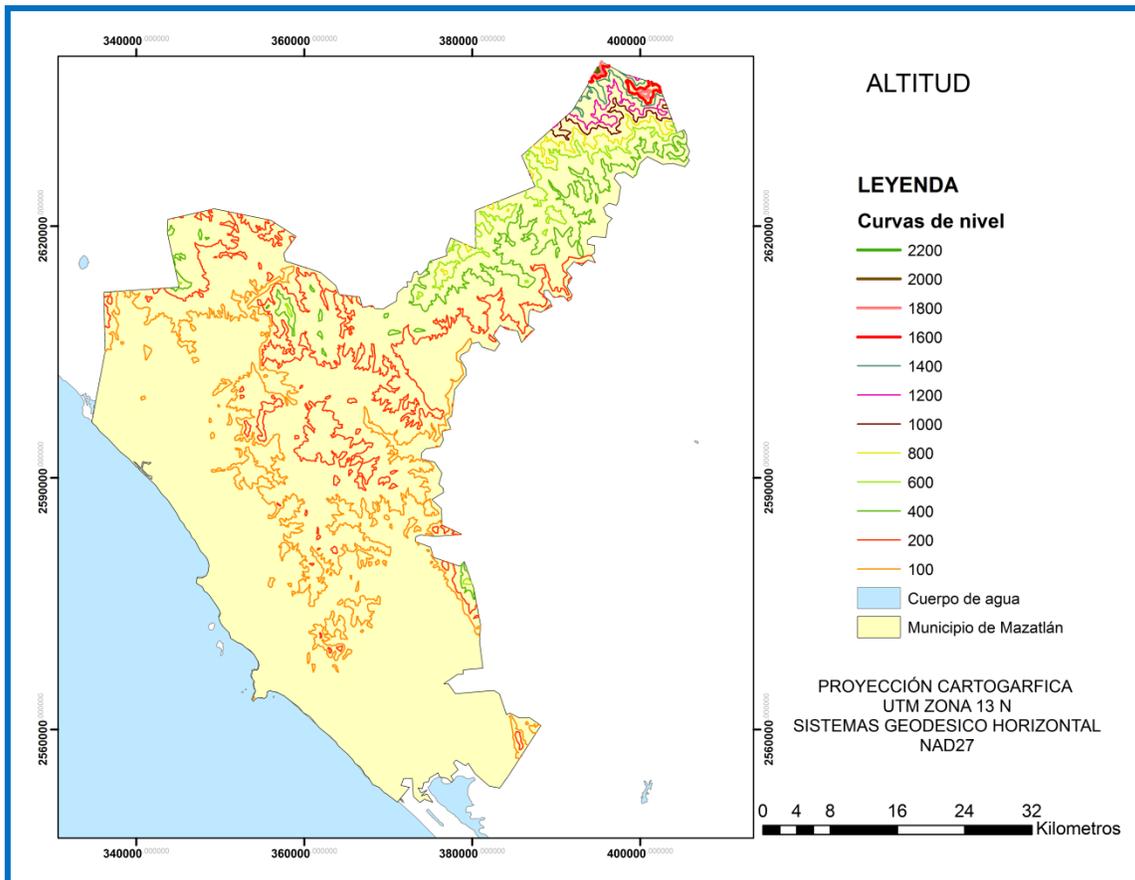


Figura 2.- Mapa de altitud del municipio de Mazatlán. Elaboración propia.

Fuente: Conjunto de datos topográficos, escala 1:1000000 ([www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)).

#### 4.2.2.- Litología

Desde el punto de vista geológico, la región es eminentemente ígnea, carácter derivado de la Sierra Madre Occidental, formada principalmente por intrusiones y extrusiones de magma, materiales que aparecen en las estribaciones de la sierra, en la llanura costera y se suceden hasta las costas de Mazatlán y Topolobampo (puerto al norte de Sinaloa). En las cercanías del litoral se localizan materiales sedimentarios de dos clases: los antiguos de origen continental de areniscas y calizas, y los considerados del terciario (del mioceno o plioceno), de origen piroclástico, formando parte de aglomerados, tubos y arenas volcánicas. La provincia presenta grandes áreas de rocas sedimentarias y Vulcano sedimentarias en el suelo; así como también rocas ígneas intrusivas ácidas de la era cenozoica, período cuaternario, con rocas sedimentarias en el suelo; así como también rocas ígneas intrusivas ácidas de la era cenozoica, período terciario. En la parte central presenta rocas ígneas extrusivas básicas, rocas ígneas extrusivas ácidas, rocas sedimentarias y vulcano sedimentarias, además de rocas sedimentarias y vulcano sedimentarias del tipo calcáreo. El sur de la provincia presenta rocas metamórficas del tipo esquistoso (Beraud, *et al.*, 2009). En la figura (3) se muestra los diferentes tipos de rocas encontrados en el municipio.

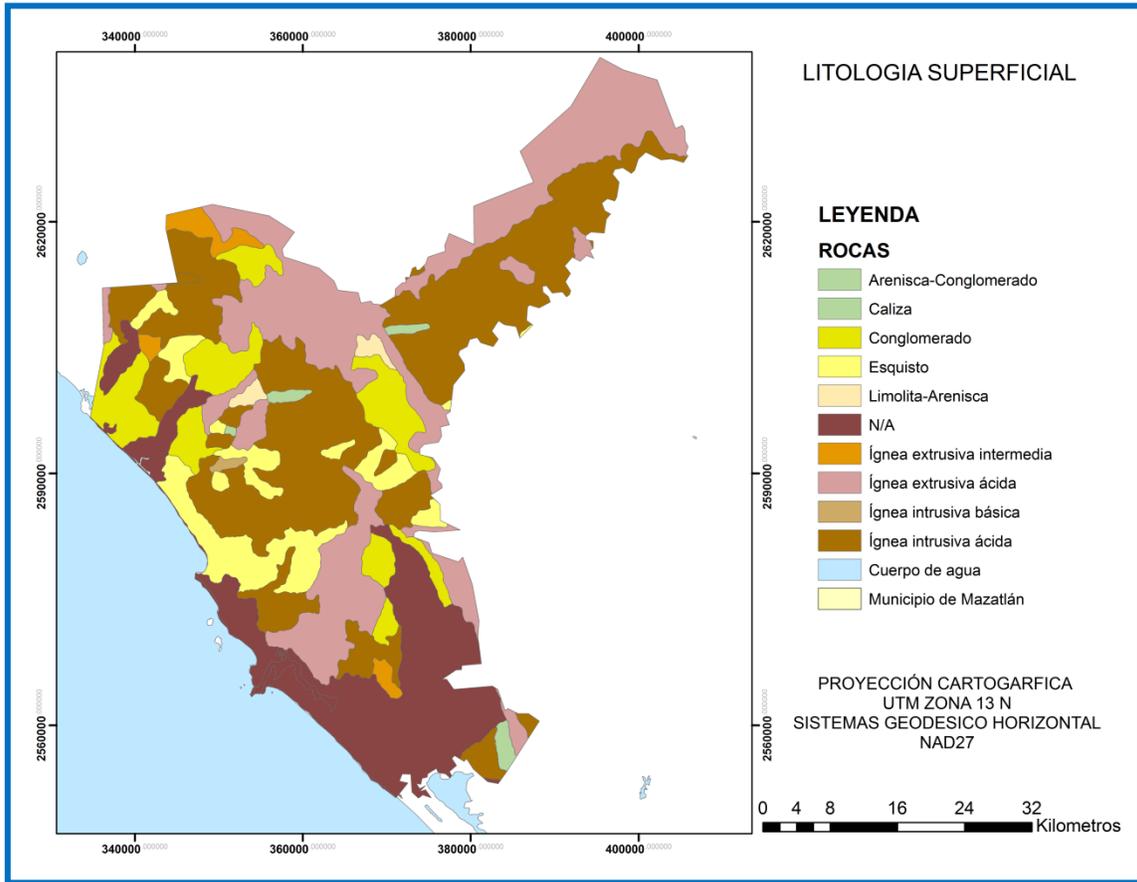


Figura 3.- Mapa de sustrato geológico. Elaboración propia  
(Fuente: Conjunto de datos geológicos, escala 1:1000000 ([www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx))).

#### 4.2.3.- Fisiografía

El municipio de Mazatlán se localiza en dos provincias geográficas: la Llanura Costera del Pacífico y la Sierra Madre Occidental, que representan respectivamente el 63.59% y 36.41% de la superficie. Así mismo tiene tres subprovincias: la subprovincia Llanura Costera de Mazatlán perteneciente a la provincia Llanura Costera del Pacífico, las subprovincias Pie de la Sierra y las Mesetas y Cañadas del Sur pertenecientes a la provincia Sierra Madre Occidental (Figura 4 y 5). Los cuales representan respectivamente el 63.59%, 21.24% y 15.17% (INEGI, 2009).

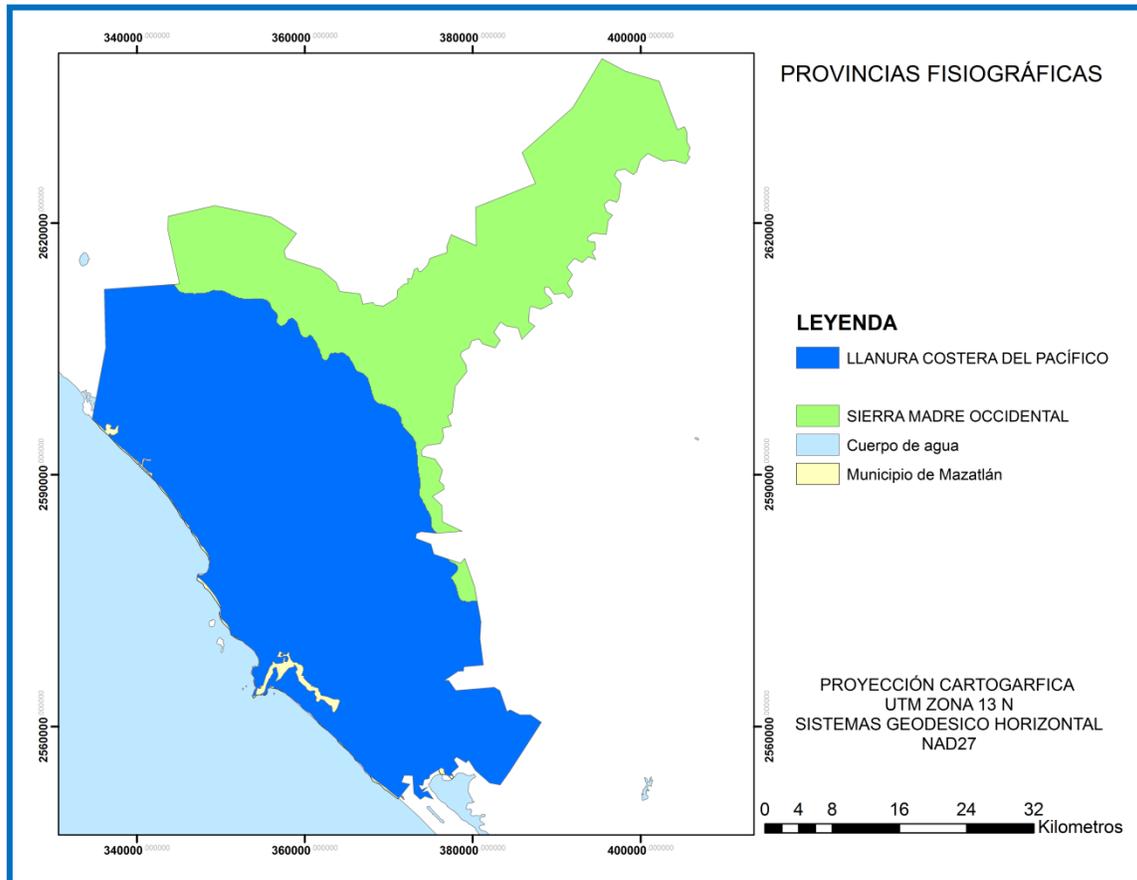


Figura 4.- Mapa de provincias fisiográficas del municipio de Mazatlán. Elaboración propia  
Fuente: Conjunto de datos fisiográficos, escala 1:1000000 ([www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)).

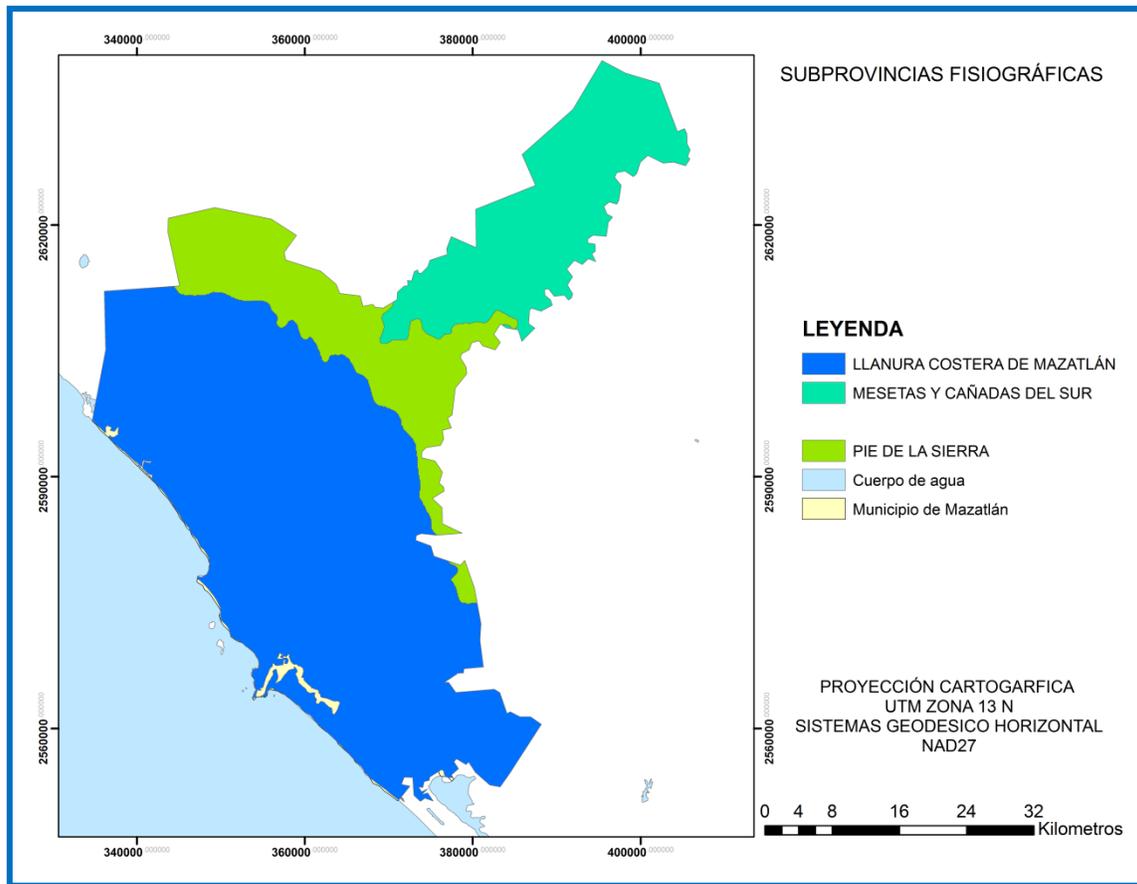


Figura 5.- Mapa de subprovincias fisiográficas del municipio de Mazatlán. Elaboración propia

Fuente: Conjunto de datos fisiográficos, escala 1:1000000 ([www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)).

#### 4.2.4.- Sistemas de topoformas

Los sistemas de topoformas encontrados en el municipio de Mazatlán son: cañón, llanura, lomerío y sierra (Figura 6). Se encuentran la llanura costera con lomerío y piso rocoso o cementado que representan (62.96%), La Sierra alta con cañadas (20.96%), Lomerío con valles (12.36%), Sierra baja con lomerío (2.73%), Cañón típico (0.18%), Llanura de barreras inundable (0.14%) y No aplicable (0.67%) (INEGI, 2009).

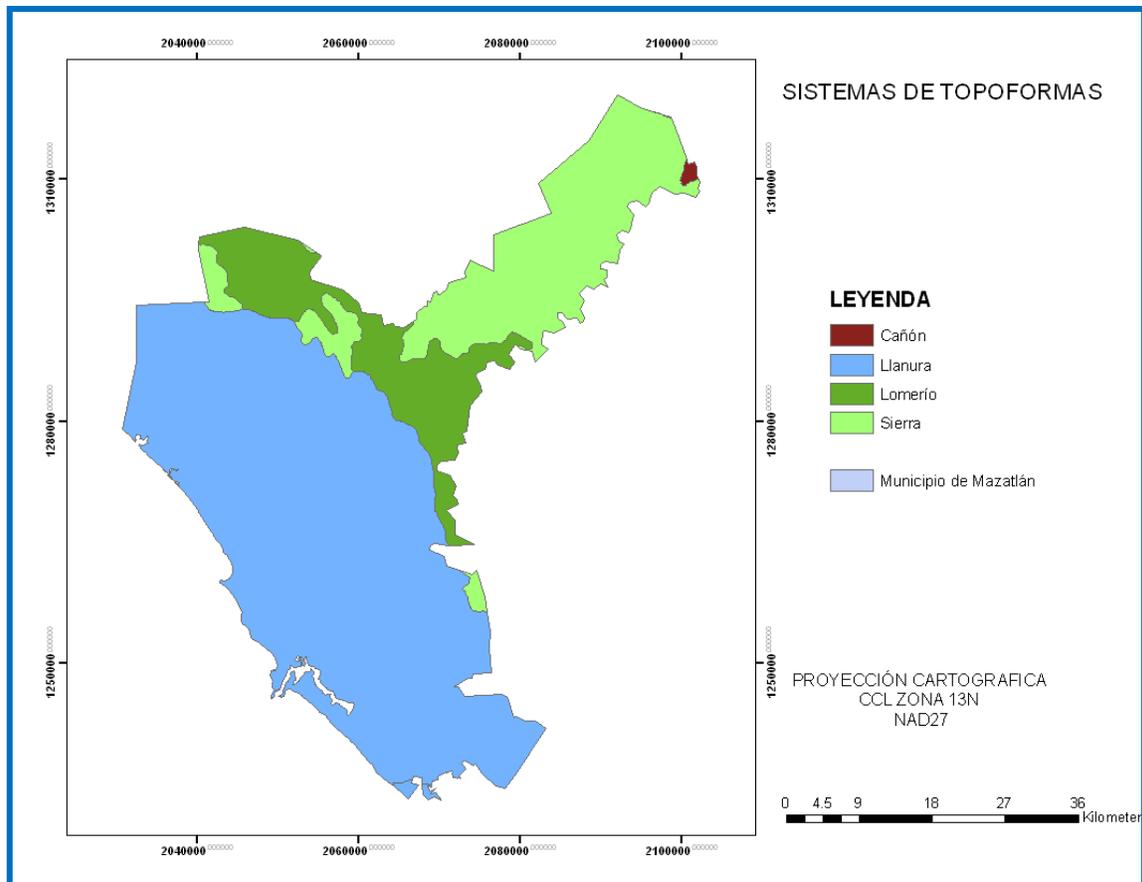


Figura 6.-Mapa de sistemas de toposformas del municipio de Mazatlán.Elaboración propia  
Fuente: Con base Conjunto de datos fisiográficos escala, 1:1000000 (www.inegi.org.mx).

#### 4.2.5.- Clima

##### 4.2.5.1.- Tipos de climas

Los climas dominantes en el municipio de Mazatlán varían de climas templado subhúmedo en la parte noreste que es la zona más elevada a clima semiseco cálido en la parte Oeste y cálido subhúmedo en la parte este. (Figura 7).

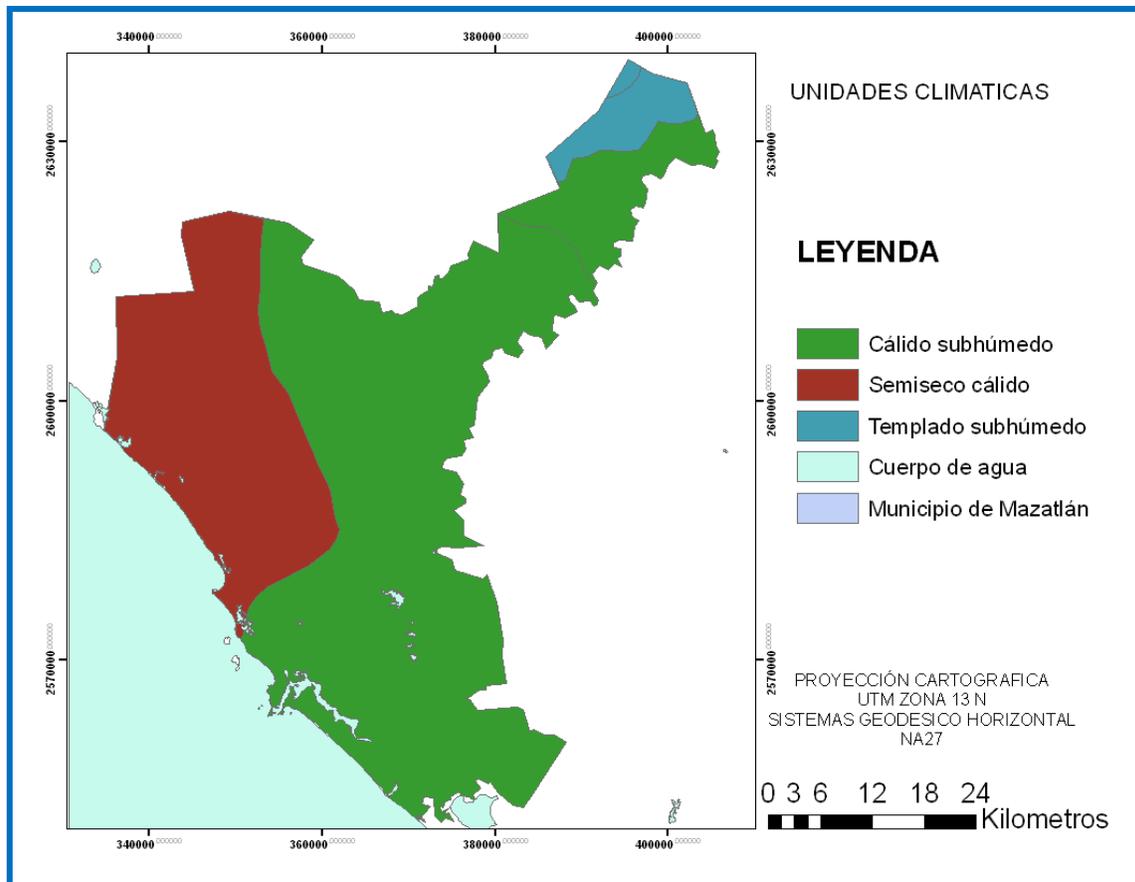


Figura 7.- Mapa de unidades climáticas del municipio de Mazatlán. Elaboración propia  
Fuente: Conjunto de datos climáticos a escala 1:1000000 (www.inegi.org.mx).

De acuerdo con los datos de INEGI (2008), en el área de estudio predominan cinco subtipos de clima que se describen a continuación (Cuadro 3).

Cuadro 3.- Tipos de climas, símbolo y su porcentaje en superficie en el municipio

SUBTIPO	FORMULA	%
Cálido subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad	A(w0)	60.83
Cálido subhúmedo con lluvias en verano de humedad media	A(w1)	6.74
Semicálido subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad	ACw2	3.78
Semiseco muy cálido y cálido	BS1(h')	28.28
Templado subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad	C(w2)	0.37

Fuente: www.inegi.org.

#### 4.2.5.2.- Precipitación

La precipitación total anual del municipio de Mazatlán es de 600 a 1400 mm. Las precipitaciones anuales más altas se encuentran en la parte noreste con 1200-1400 mm y el área de menor precipitación con 600-800 mm anuales se ubica al oeste del Municipio (Figura 8).

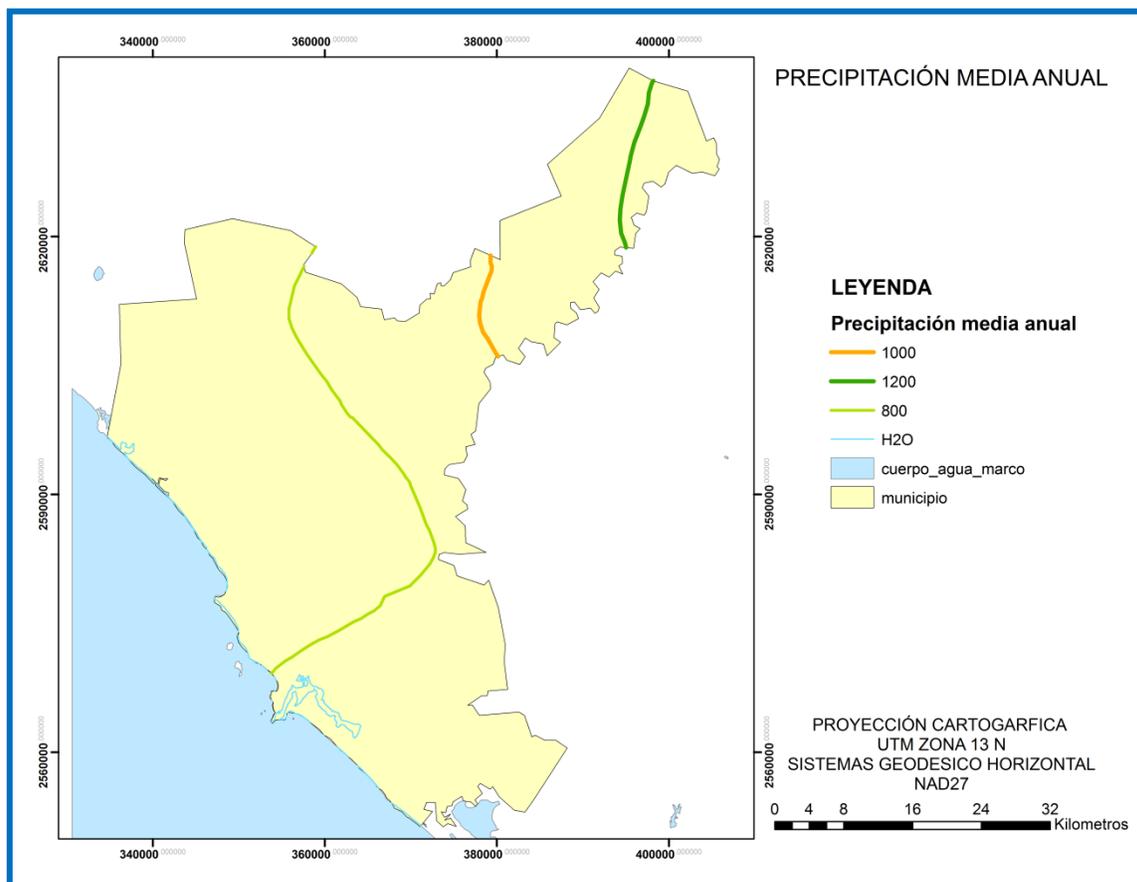


Figura 8.- Mapa de Precipitación total anual del municipio de Mazatlán. Elaboración propia  
Fuente: Conjunto de datos climáticos, escala 1:1 000000 (www.inegi.org.mx).

#### 4.2.5.3.- Temperatura

La temperatura media anual del municipio de Mazatlán está comprendida entre 14<sup>0</sup>a 26<sup>0</sup> C, los valores bajos de temperatura corresponden a la parte de mayor altitud del municipio, mientras que las partes cercanas al nivel del mar presentan temperaturas más altas (Figura 9).

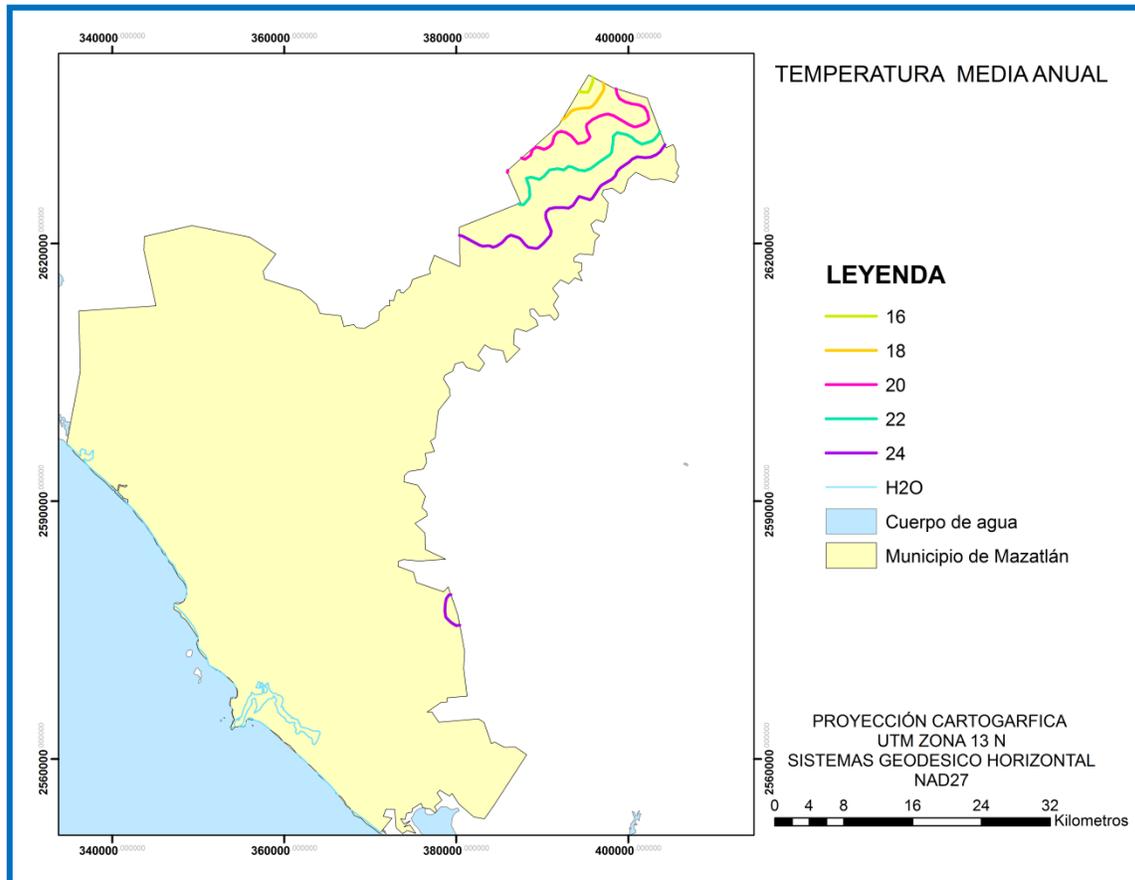


Figura 9.- Mapa de temperatura media anual.Elaboración propia  
Fuente: Conjunto de datos climáticos a escala 1:1000000 (www.inegi.org.mx).

Existe una estación meteorológica en la ciudad de Mazatlán a una altitud de 10 msnm. Para dicha estación se registró en el periodo 1986-2007 una temperatura media anual de 24.7° C; la temperatura del año más frío fue 19.6° C y la temperatura del año más caluroso fue de 25.4° C; una precipitación total anual de 843.4 mm, la precipitación del año más seco fue de 370.5 mm, y la del año más lluvioso fue de 1297.6 mm (INEGI, 2008) (Cuadro 4 y Figura 10).

Cuadro 4.- Temperatura media mensual y precipitación mensual de la estación Mazatlán.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Temperatura media mensual (°C)	20	20	21	23	25	28	29	29	29	28	24	21	24.7
Precipitación total mensual (mm)	25	9.8	3.3	1.1	0.1	21	171	242	241	72	45	14	843.4

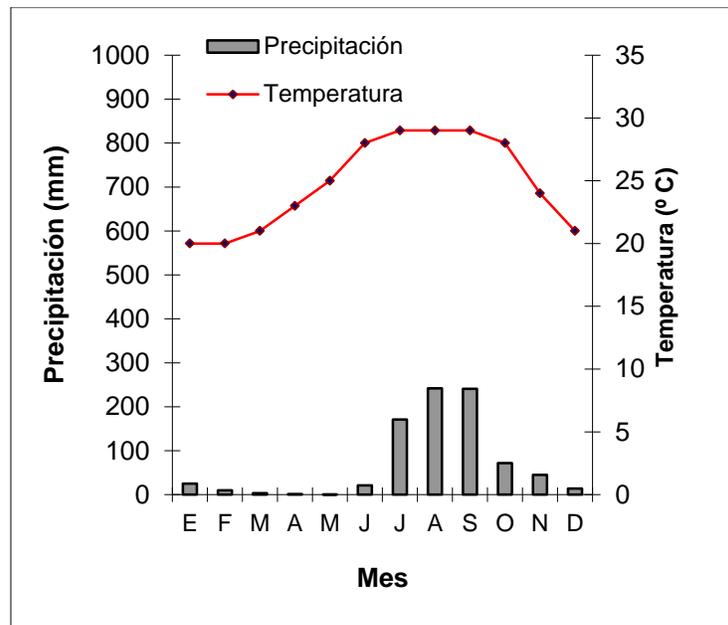


Figura 10.- Régimen mensual de precipitación y temperatura en la ciudad de Mazatlán. Fuente INEGI (2008).

#### 4.2.6.- Hidrografía

##### 4.2.6.1.- Ríos y cuerpos de agua

El municipio de Mazatlán es cruzado por dos corrientes hidrológicas principales: el Río Quelite ubicado en la parte norte y el Río Presidio en la parte sur del municipio. Los escurrimientos hidrológicos superficiales que se encuentran son de tipo perenne e intermitente (Figura 11), entre otras corrientes perennes se encuentran: Arroyo del Favor, El Jumayal, El Palmillar, El Rinconcito, Frutillo, Los Cucharos, Los Frailes, Los Potrerillos, Presidio, Zacatecas, Zarco (INEGI, 2009) Sin contabilizar los intermitentes, que solo en época de lluvias llevan agua como son: El Zapote, La Noria, Los Cocos y otros arroyos.

Se presentan también en el municipio 185 cuerpos de agua repartidos en dos tipos de cuerpos perennes (181) e intermitentes (Figura 11). Los principales cuerpos de agua perennes son Los Horcones (0.08%), L. El Sábalo (0.04%), L. La Escorama (0.02%) (INEGI, 2009).

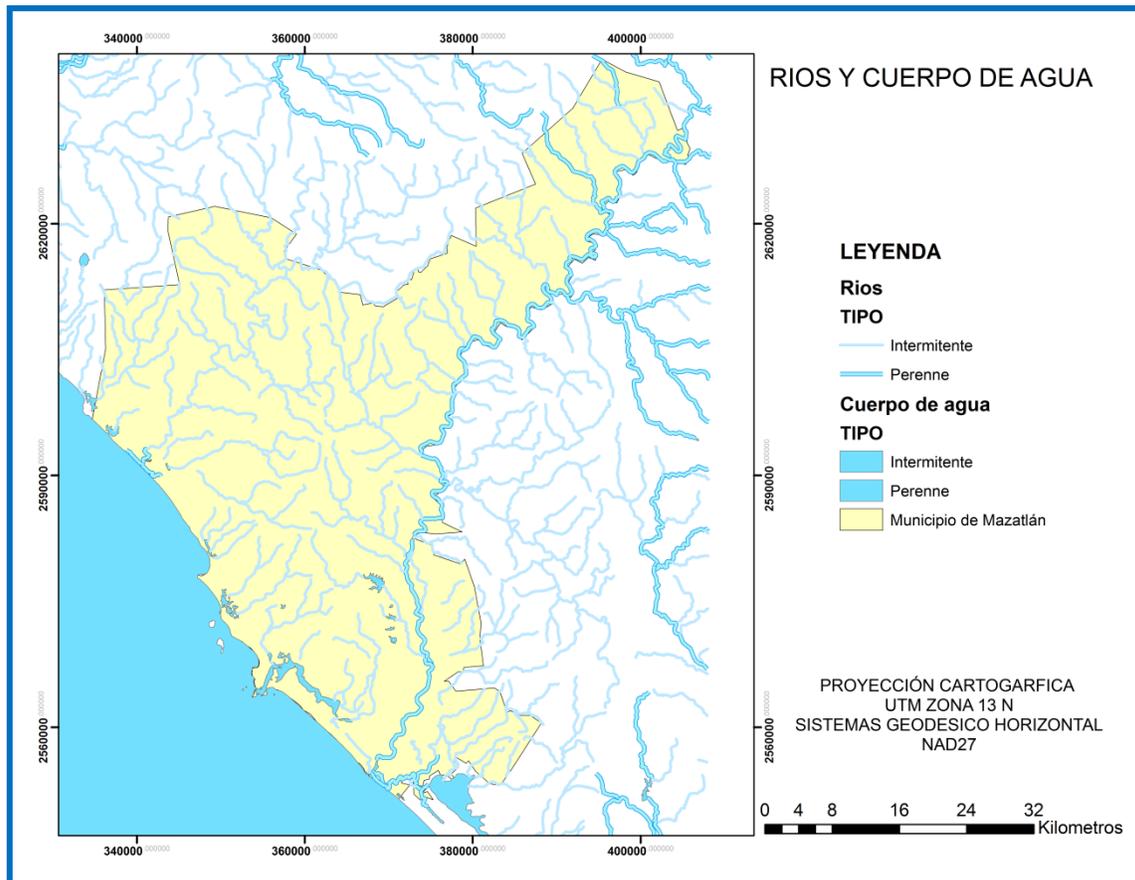


Figura 11.- Mapa de ríos y cuerpos de agua en el municipio de Mazatlán. Elaboración propia  
 Fuente: Conjunto de datos topográficos a escala 1:1000000 (www.inegi.org.mx).

#### 4.2.6.2.- Regiones, Cuencas y Subcuencas hidrológicas.

En el municipio de Mazatlán se encuentran dos regiones hidrológicas: Presidio San Pedro y Sinaloa, las cuales representan en superficie respectivamente el 62.72% y 37.28%. Las cuencas son: Río Presidio, Río Piaxtla y Río Elota-Quelite (INEGI, 2009). Cinco subcuencas: R. Presidio (33.24%), R. Quelite (31.25%), Mazatlán (12.69%), R. Q. La Ventana (11.32%), R. de Piaxtla (6.03%) y Caimanera (5.47%) (INEGI, 2009) (Figura 12).

La Cuenca del Río Presidio es una cuenca que integra la Región Hidrológica N° 11, cubre una superficie de 6,004 km<sup>2</sup> hasta su desembocadura al Océano Pacífico, por tanto el río Quelite tiene como característica muy peculiar, el ser uno de los ríos más cortos del estado, su extensión es de tan solo 110 kilómetros y tiene su nacimiento en el Cerro de la Silla que se ubica en la Sierra Madre Occidental, registra una cuenca de captación de 835 kilómetros cuadrados y descarga sus aguas en el Océano Pacífico (CONAGUA, 2011).

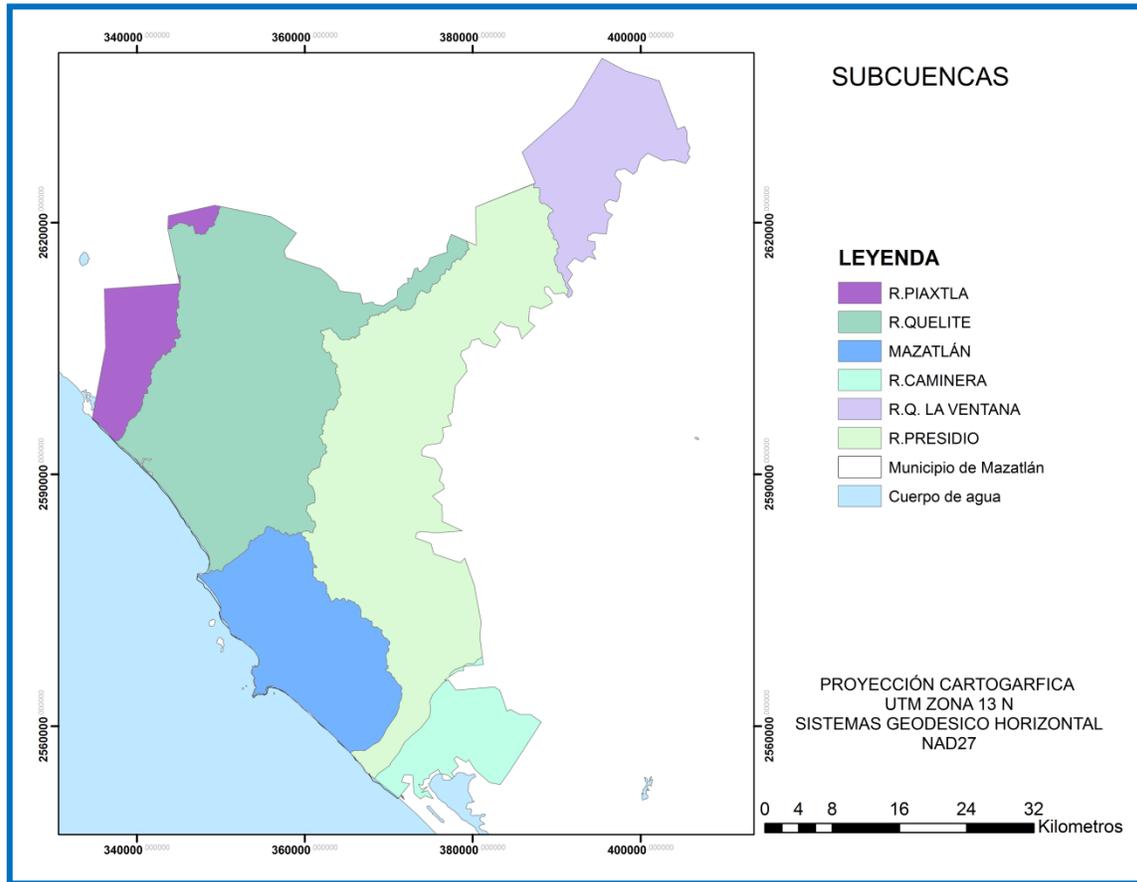


Figura 12.- Mapa de subcuencas del municipio de Mazatlán. Elaboración propia

Fuente: Conjunto de datos hidrológicos escala 1:250000 (SIATL).

#### 4.2.7.- Suelos

Las principales unidades de suelo que se encuentran en el municipio de Mazatlán según el sistema de clasificación de INEGI (2009) son: Cambisol, feozem, litosol, regosol y rendzina (Figura 13).

##### Cambisol

Del latín *cambiare*: cambiar. Literalmente suelo que cambia. Estos suelos son jóvenes, poco desarrollados y se pueden encontrar en cualquier tipo de vegetación o clima excepto en los de zonas áridas. Se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa con terrones que presentan vestigios del tipo de roca

subyacente y que además puede tener pequeñas acumulaciones de arcilla, carbonato de calcio, fierro o manganeso. También pertenecen a esta unidad algunos suelos muy delgados que están colocados directamente encima de un tepetate. Son muy abundantes, se destinan a muchos usos y sus rendimientos son variables pues dependen del clima donde se encuentre el suelo. Son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión ([www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx))

### Feozem

Del griego *phaeo*: pardo; y del ruso *zemlja*: tierra. Literalmente tierra parda. Suelos que se pueden presentar en cualquier tipo de relieve y clima, excepto en regiones tropicales lluviosas o zonas muy desérticas. Se caracteriza por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes, semejante a las capas superficiales. Los feozem son de profundidad muy variable. Los menos profundos situados en laderas o pendientes, presentan como principal limitante la roca o alguna cementación muy fuerte tiene rendimientos más bajos y se erosionan con más facilidad, sin embargo pueden utilizarse para el pastoreo con resultados aceptables.

### Litosol

Del griego *lithos*: piedra. Literalmente, suelo de piedra. Son los suelos más abundantes del país pues ocupan 22 de cada 100 hectáreas. Se encuentran en todos climas y con muy diversos tipos de vegetación en todas las sierras de México, barrancas, lomeríos y en algunos otros terrenos. Se caracterizan por su profundidad menor de 10 cm, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido. Su fertilidad y su susceptibilidad a la erosión es muy variable dependiendo de otros factores ambientales. El uso de estos suelos depende principalmente de la vegetación que los cubre. En bosques y selva su uso es forestal; cuando hay matorrales o pastizales se puede llevar a cabo pastoreo más o menos limitado y en algunos casos a la agricultura, en especial al cultivo de maíz o nopal condicionado a la disponibilidad de suficiente de agua.

## Regosol

Del griego *reyghos*: manto, cobija o capa de material suelto que cubre a la roca. Suelos ubicados en muy diversos tipos de climas, vegetación y relieve. Tienen poco desarrollo y por ello no presentan capas muy diferenciadas entre sí. En general son claros o pobres en materia orgánica, se parecen bastante a la roca que les da origen. En México constituye el segundo tipo de suelo más importante por su extensión. Muchas veces están asociados con litosoles y con afloramientos de roca o de tepetate. Frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su productividad está condicionada a la profundidad y pedregosidad.

## Rendzina

Del polaco *rzedzic*: ruido. Connotativo de suelos someros que producen ruido con el arado por su pedregosidad. Estos suelos se presentan en climas semiáridos, tropicales o templados. Se caracterizan por tener una capa superficial abundante en materia orgánica y muy fértil que descansa sobre roca caliza o materiales ricos en cal. Generalmente son suelos arcillosos y poco profundos por debajo de los 25 cm. El uso forestal de estos suelos depende de la vegetación que presenten, son moderadamente susceptibles a la erosión.

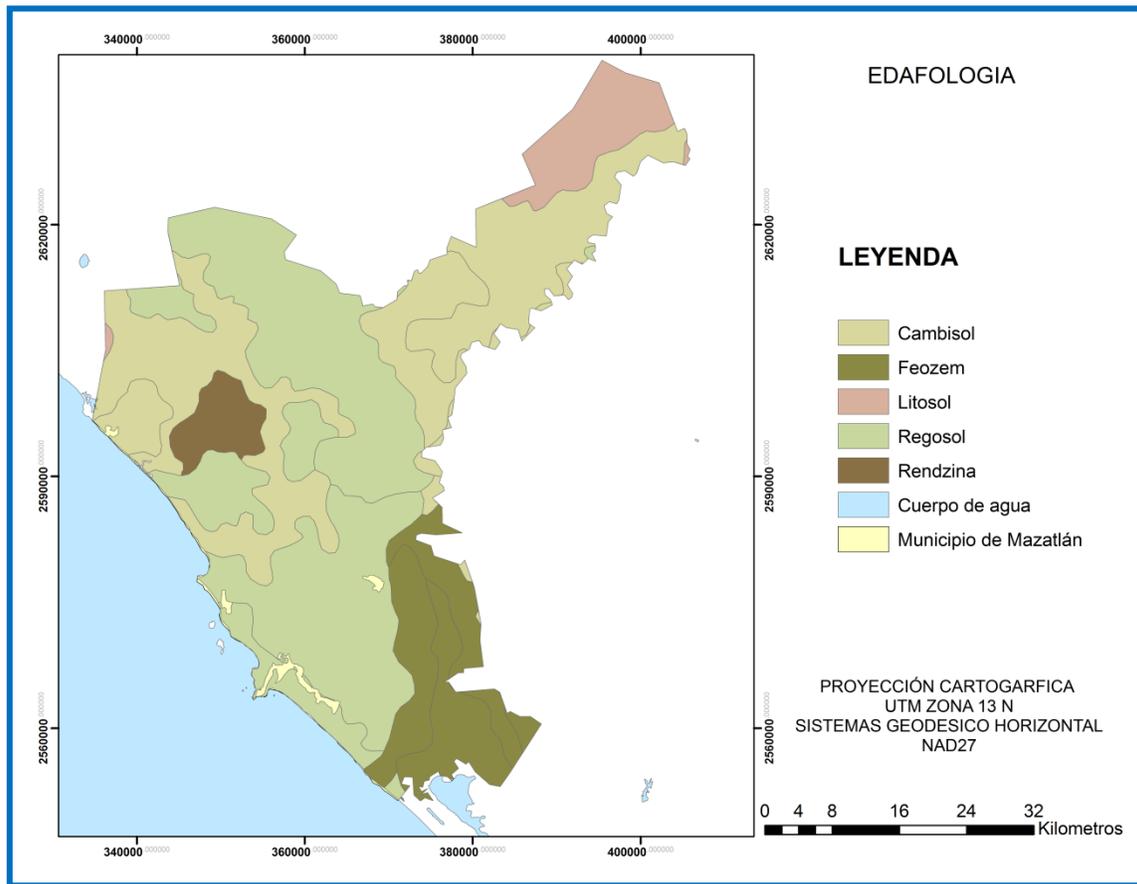


Figura 13.- Mapa de las principales unidades de suelo en el municipio. Elaboración propia  
Fuente: Conjunto de datos edafológicos a escala 1:1000000 (www.inegi.org.mx).

#### 4.2.8.- Cobertura del suelo

Los principales tipos de cobertura que predominan en Mazatlán son: área agrícola (riego y temporal), bosques (bosque encino, encino-pino, bosque pino, pino-encino), de pastizales (pastizal cultivado, pastizal inducido), área sin vegetación, área urbana, pastizal y selva. De las cuales las selvas y las áreas agrícolas con selva ocupan la mayor superficie (Figura 14).

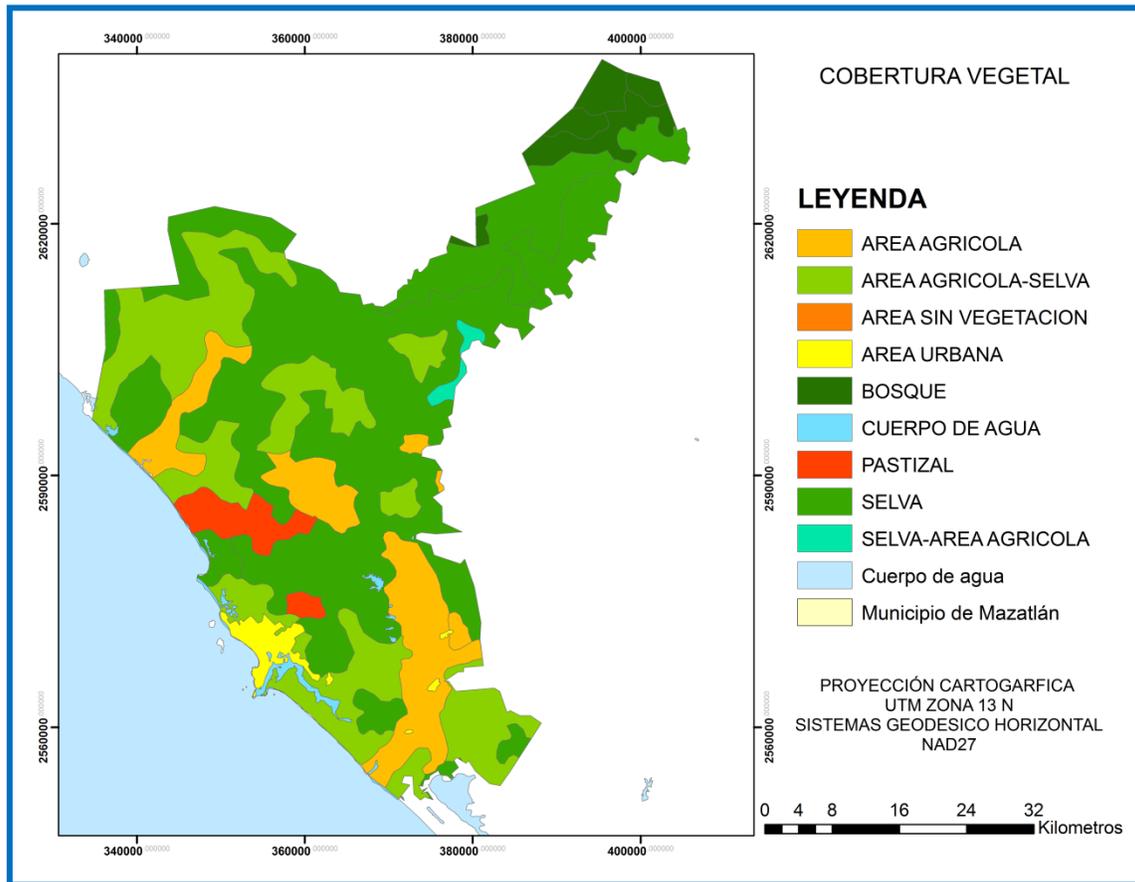


Figura 14.-Mapa uso de suelos y de vegetación.Elaboración propia

Fuente: Conjunto de datos de uso del suelo y vegetación escala 1:1000000 ([www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx))

**Área agrícola:** Área en la que el suelo es utilizado para la realización de labores agrícolas, por tanto, estas se clasifican en áreas de cultivos de riego y áreas de cultivos temporal. En las áreas de riego los cultivos reciben agua mediante algún sistema de riego durante todo el ciclo agrícola y en las áreas de temporal, los cultivos reciben únicamente agua de lluvia.

**Áreas sin vegetación:** Áreas desprovistas de vegetación o con una cobertura vegetal extremadamente baja. La ausencia de vegetación puede ser determinada por condiciones naturales: clima muy árido, salinas, o bien porque la vegetación fue eliminada totalmente por actividades humanas: minas a cielo abierto, jales, sobrepastoreo.

Bosques: Vegetación arbórea de origen septentrional, principalmente de regiones de climas templados y semifríos, con diferentes grados de humedad, propias de las regiones montañosas. Pueden ser: Bosques de encino, Bosques de encino-pino, Bosque de pino, Bosque de pino-encino.

Selvas: comunidades formadas por vegetación arbórea de origen meridional (neotropical), generalmente de clima cálido húmedo, subhúmedo y Semiseco y las cuales pueden ser: Selva baja caducifolia, Selva baja espinosa, Selva mediana subcaducifolia.

Pastizal: son comunidades constituidas por un estrato herbáceo en el que predominan las gramíneas (pastos) que pueden ser: pastizal inducido y/o pastizal cultivado. El pastizal inducido es una comunidad de herbáceas, particularmente gramíneas, cuya persistencia está determinada por la intervención del hombre o de sus animales domésticos. Son de muy diversos tipos y cubren áreas que antes de la intervención humana sostenían otros tipos de vegetación, por lo general bosques.

#### 4.2.9.- Vías de comunicación terrestre

Las principales vías de comunicación terrestre que se encuentran en el municipio de Mazatlán son: calle, carreteras pavimentadas y terracería (Figura 15) y un sitio de comunicación marítima: “El Puerto de Mazatlán”.

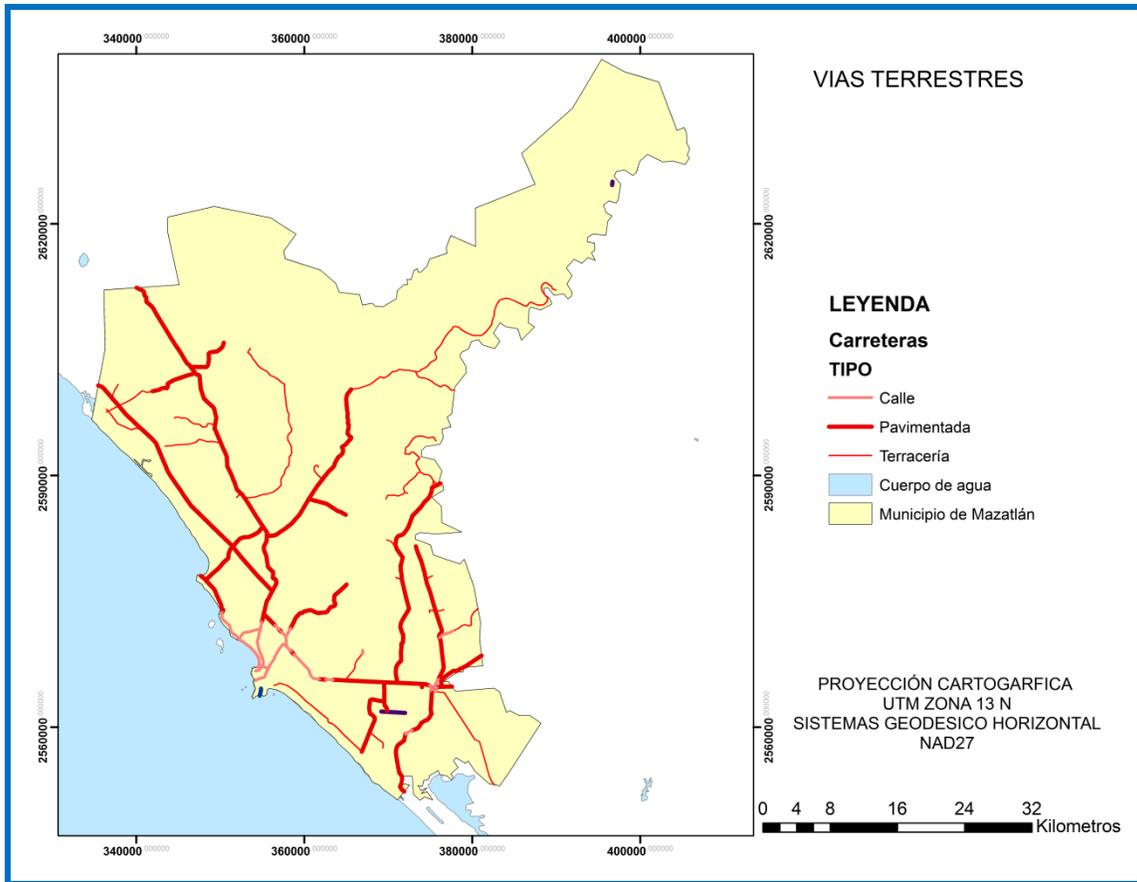


Figura 15.- Mapa de carreteras del municipio de Mazatlán. Elaboración propia  
Fuente: Conjunto de datos topográficos a escala 1:1000000 (www.inegi.org.mx)

#### 4.3.- Aspectos Demográficos y socio económicos

El municipio de Mazatlán de acuerdo al Censo de población y vivienda 2010 efectuado por INEGI, tiene una población total de 438,434 habitantes; siendo la cabecera municipal, con 381,583 habitantes, donde se concentra la mayor población del municipio con una población. Dentro las localidades más importantes se encuentran La Villa Unión, el Walamo, El Roble, El castillo, y El Quelite (INEGI, 2010).

El municipio de Mazatlán cuenta con un perfil socioeconómico enfocado al sector terciario. Por sus características naturales, la ciudad está considerada como el

centro turístico, pesquero e industrial más importante de la costa occidental de México y de la Región Hidrológica II. (CONAGUA, 2011).

Las actividades de comercio y servicios prevalecen junto con los servicios de alojamiento, derivados de la actividad turística y principal fuente de ocupación. Preceden al sector terciario las actividades de tipo industrial manufacturero de tipo alimentario. Las industrias empacadoras y exportadoras de productos pesqueros, aunado a la pesca directa son de importancia en el municipio. Este sector terciario representa el 50.4% de la Población Económicamente Activa (PEA) ocupada, seguido por el sector secundario con el 21.7 %. (IMPLAN, 2011).

Para las actividades agropecuarias, la agricultura mecanizada representa (37,54 %), la agricultura manual estacional (32,45%), la agricultura con tracción animal continua (0.94%) y el área no apta para la agricultura (26,16%).

El aprovechamiento de la vegetación natural diferente al pastizal representa (37,42%), para el desarrollo de praderas cultivadas actualmente en uso agrícola (31,95 %). El aprovechamiento de la vegetación natural únicamente por el ganado caprino representa (24,84%) el desarrollo de praderas cultivadas con vegetación diferente al pastizal, (5.59%) y no apta para el aprovechamiento pecuario (0.20%). (PMD, 2011-2013).

#### **4.4.- Materiales, datos y equipo**

Para la realización de esta tesis, se dispuso de información geográfica como:

- Modelo de Elevación Digital a escala 1:250000 (INEGI), F1301 y F1302 de INEGI
- Conjuntos de datos vectoriales de INEGI a escala 1:100000 proyección cartográfica Cónica Conforme de Lambert y Datum NAD27 para la caracterización de la zona de estudio.
- Conjunto de datos vectoriales de INEGI en formato shape escala 1:250000 con proyección cartográfica Universal Transversa de Mercator y Datum

NAD27, para la evaluación del riesgo. Los temas: topográficos, geología, edafología, uso de suelo y vegetación e hidrografía.

- Datos del municipio resultado del Censo de Población y Vivienda 2010, realizado por el INEGI.
- Datos del Índice de Marginación de Consejo Nacional de la Población (CONAPO).
- Fotografías áreas de la zona de estudio, mapas e información temática existentes

#### 4.4.1.- Equipos y software

Se contó para el proceso de la información en formato digital con una laptop.

Los paquetes informáticos empleados para procesar las informaciones en formato digital:

- IDRISI Andes 15.00
- ArcGis 9.3 para la preparación de las salidas, así como el programa Office.

#### **4.5.- Modelo conceptual general.**

El método general para estimar el riesgo implica evaluar el peligro y la vulnerabilidad de inundación (Orlando *et al.*, 2005 y Vidal *et al.*, 2001). El componente de amenaza o peligro se determina por medio de un conjunto de factores y de variables o indicadores que son integrados por medio de técnicas de evaluación multicriterio (Barredo, 1996; Saaty, 1977). El componente de vulnerabilidad será estimó también por medio variables e indicadores de tipo social, económico, físico y ecológico como se indica en la Figura 16.

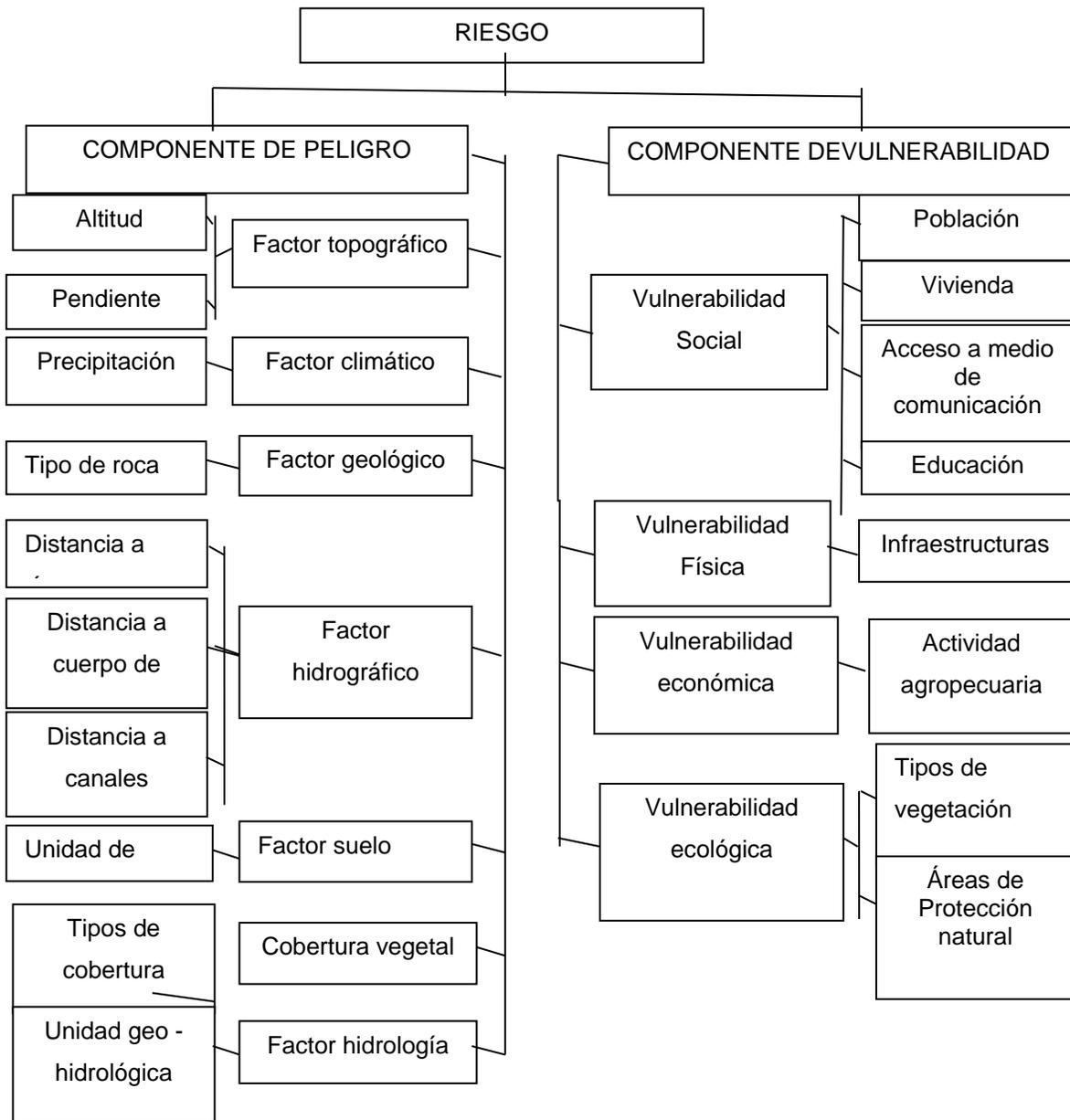


Figura 16.- Modelo conceptual de estimación de Riesgo. Modificado de Orlando et al. (2005) y Vidal et al. (2001).

La integración de los componentes peligro y vulnerabilidad se hizo mediante la fórmula de riesgo:

$$R = P \cdot V$$

En este trabajo se pretende presentar la estimación del riesgo en forma espacial y presentar los resultados por medio de mapas que indiquen el nivel de peligro, vulnerabilidad y riesgo, que existe en el municipio de Mazatlán. Para esto el método de trabajo está realizado en tres etapas generales (Figura 17).

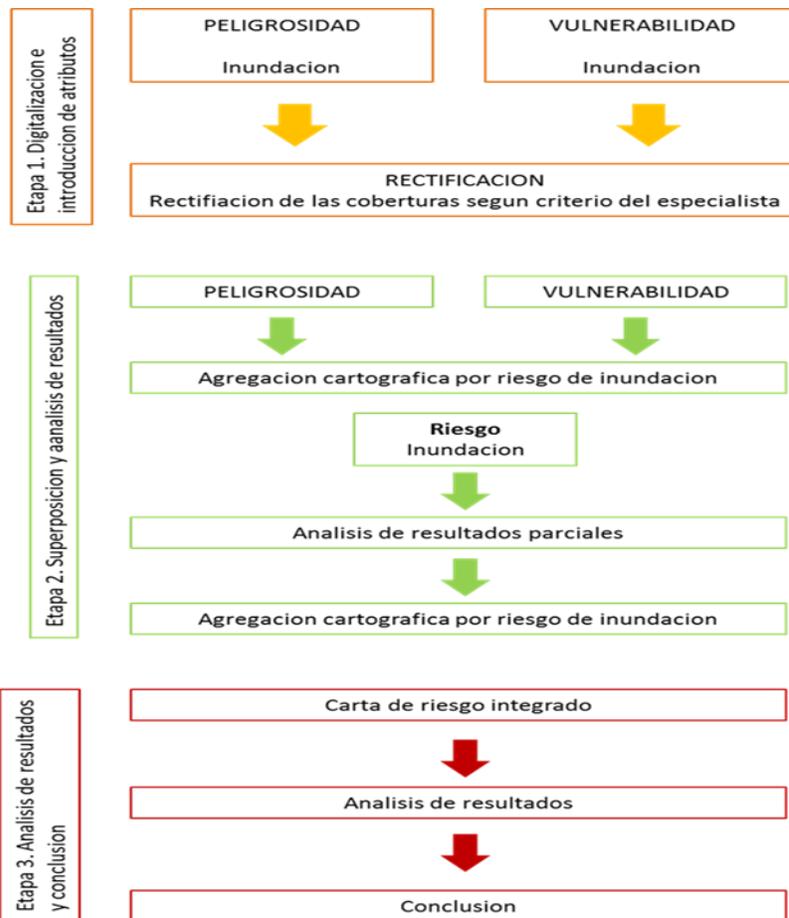


Figura 17.- Método conceptual general de riesgo. Modificado autor Vidal *et al.* (2001).

En la primera etapa se seleccionaron y definieron los factores, variables y criterios para la estimación del peligro y de la vulnerabilidad. Es la etapa más complicada y delicada, ya que de los resultados que se generen de esta etapa depende la fiabilidad de los resultados del trabajo. También involucró la obtención y adquisición de los datos geográficos digitales, así como la homologación cartográfica de los datos a una Proyección Cartográfica Universal Transversal de

Mercator (UTM) y con el Datum 1927 (NAD27) para generar las variables necesarias para la estimación de peligro y vulnerabilidad, según el Modelo vectorial de INEGI (1998)

En la segunda etapa se realizó el análisis y combinación cartográfica. Esto consistió en generar las variables de peligro y vulnerabilidad, normalizar sus valores y aplicar técnicas de sobreposición de mapas por medio de técnicas de evaluación multicriterio (Gómez y Barredo, 2005; Eastman, 2006). También implicó la integración del peligro y de la vulnerabilidad para generar mapas de riesgo de inundación.

La tercera etapa consistió en el análisis de los resultados y generación de conclusiones. Se ubicó la población susceptible, las posibles pérdidas o afectación de infraestructura, las pérdidas económicas en caso de una inundación y los efectos ecológicos que pueden presentarse. Así como la obtención de conclusiones del trabajo.

#### 4.5.1.- Método de evaluación del peligro de inundación

La evaluación del peligro se realizó a través del análisis geomorfológico del terreno (Ribera, 2004; Montecelos *et al.*, 2011; Sánchez y Batista., 2005; Mardones y Vidal, 2004) con técnicas de análisis multicriterio que es un método que permite la inclusión de varios criterios georeferenciados para la toma de decisiones (Gómez y Barredo, 2005). La evaluación multicriterio en relación con los SIG, se basa en que cada factor o variable este representado por una capa de información cartográfica georeferenciada, en la cual todos los puntos del municipio toman un valor con respecto a la actividad objeto de decisión.

La estimación del peligro se realizó con análisis multicriterio, comprendió las etapas indicadas en la Figura (18) (Hansen, 2005).

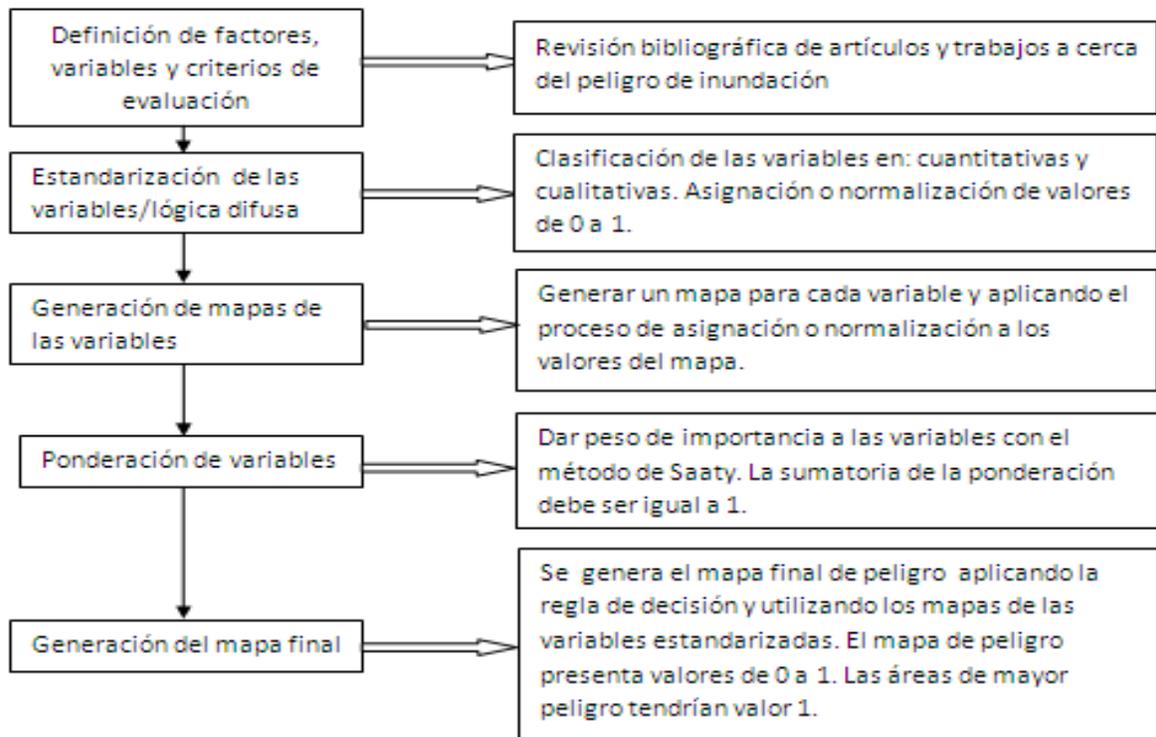


Figura 18.-Etapas para la estimación del peligro o amenaza de inundación modificada de Hansen (2005).

#### 4.5.1.1.- Definición de los factores, variables y criterios de evaluación

Se generó una relación de factores y variables que intervienen en una inundación revisando artículos y trabajos realizados en diferentes partes del mundo. Posteriormente, se realizó una depuración eliminando los factores y variables que no fueron significativas o que no se cuenta con la información geográfica necesaria. Los criterios de evaluación también fueron definidos o establecidos con la ayuda de la revisión bibliográfica acerca del peligro de inundación (Montecelos *et al.*, 2011; Sánchez *et al.*, 2005; Orlando *et al.* 2005; Mardones y Vidal, 2004; Song *et al.*, 2006). Se utilizó y realizó un análisis cartográfico de las capas temáticas de INEGI a escala 1:250000 (Cuadro 5).

Cuadro 5.- Factores, variables y criterio de evaluación de peligro de inundación.

	<b>Factor</b>	<b>Variable</b>	<b>Tipo de Variable</b>
1	Topografía	Altitud	Continua
		Pendiente	Continua
2	Clima	Precipitación (áreas)	Discreta
3	Geología	Tipos de rocas	Discreta
4	Hidrografía	Distancia a los ríos, Cuerpo de aguas y canales.	Continua
5	Edafología	Tipos de Suelos	Discreta
6	Hidrología	Unidad hidrogeológica	Discreta
7	Cobertura del suelo	Tipo de cobertura	Discreta

A partir de los factores y variables seleccionados se establecieron los criterios para la elaboración de base de datos y de mapas. Estas variables se refieren a las características geomorfológicas del terreno. Las características geomorfológicas reflejan el estado físico del municipio y pueden actuar por si solas o ligadas a las actividades antropogénicas de aspectos sociales, demográficos, económicos y de gestión de infraestructura pública. La importancia de las características geomorfológicas en el peligro es la siguiente.

#### Factor topográfico

Las variables altitud y pendiente desempeñan un papel importante las cuales congregan un conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la tierra, con sus formas y detalles, naturales y artificiales.

El relieve de un territorio se considera como uno de los factores principales que puede influir en el peligro y la ocurrencia de inundaciones. Naturalmente un terreno con poca o baja altitud es más propenso a inundarse que un terreno con mayor altitud. Cuanto menos sea la altura de un territorio mayor será la probabilidad de ser inundado. De igual manera la pendiente constituye un índice geomorfológico determinante en la formación de los territorios propensos a

inundarse (Sánchez y Batista, 2005). Generalmente un terreno con poca pendiente estaría más expuesto a ser inundado que un terreno con fuerte pendiente. Mientras mayor pendiente exista en un terreno, menor será la probabilidad de ocurrencia de inundación.

Sin embargo, se pueden registrar también en un terreno con fuerte pendiente inundaciones en la base de la pendiente; el flujo de agua correrá más rápidamente, será más difícil que parte de la lámina de agua pueda infiltrar hacia el interior, y por tanto, mayor cantidad de agua llegará a la base de la pendiente pudiendo ocasionar inundaciones. Ordoñez y Martínez (2003), consideran que los terrenos con una pendiente de menos de 1% son inundables. Otros, como Sánchez y Batista (2005), consideran que por debajo de un pendiente 5,24% máximas de 3 grados existen condiciones para la inundación ante la ocurrencia de intensas y prolongadas lluvias; y encima de 5 grados, las probabilidades de inundación son nulas debido a la rápida evacuación de las aguas superficiales a lugares con menor pendiente.

#### Factor climático

Se tomó en cuenta que la precipitación está directamente ligada a las inundaciones. Mientras mayor sea la cantidad de precipitaciones que ocurran en un área, mayor será la posibilidad de que ocurra una inundación. Una excesiva cantidad de lluvia puede llenar el sistema de drenaje natural e inundar las áreas adyacentes (Orlando *et al.*, 2005) y a su vez sobrecargar las presas e provocan inundación.

La relación de la precipitación con las inundaciones tiene que ver con su intensidad y duración. Mientras mayores sean las precipitaciones en un corto tiempo, mayor será el peligro de inundación. De la misma manera, si son abundantes y caen en un tiempo prolongado se puede favorecer las inundaciones. En Mazatlán, según Beraud *et al.*, (2009), este factor actúa intensivamente en el peligro de inundación ya que con una precipitación de 50 mm, 70 mm en 24h se inunda la ciudad. Estas inundaciones no resultan solamente de la precipitación en

si o de su exceso sino combinado con la alteración de las condiciones naturales del municipio, ya que muchos esteros, lagunas y manglares fueron modificados para establecimientos de asentamientos humanos.

### Factor geológico

Se consideró el grado de permeabilidad de las rocas ya que dependiendo de este se facilita la inundación o no. Al agrupar las rocas en tres categorías según la permeabilidad, se puede saber si el territorio en estudio es propicio para que se produzcan inundaciones. En los lugares donde se encuentran rocas permeables se infiltran muy rápidamente el agua y no permite su acumulación en la superficie; por otro lado, las rocas impermeables no facilitan una rápida infiltración por lo que mayor cantidad de agua se queda sobre la superficie. Aunque la infiltración es lenta comparada con el escurrimiento, influye al ir asociada al estado de alteración de la roca, la pendiente y la cubierta vegetal, regularmente una buena infiltración en la zona de estudio apenas alcanza valores entre 11 y 15% del valor del escurrimiento (DOF, 2009) mejorar cuando la pendiente tiende a 0 y la cubierta vegetal arbórea genera condiciones de porosidad adecuadas a capa de suelo sobre la roca.

La permeabilidad de una roca se define como su capacidad de transmisión de fluidos. Debido a esto, desempeña un papel importante la atracción molecular entre las superficies de la roca y las partículas de aguas lo que hace una delgada capa de agua se adhiera a la superficie de la roca a pesar de la atracción de la gravedad (Longwell y Flint 1981).

### Factor hidrográfico

Los ríos, los cuerpos de agua, así como los canales constituyen uno de los elementos que provocan la ocurrencia de inundación cuando el flujo de agua sobrepasa las orillas naturales o artificiales de las corrientes. Es más probable que ocurra una inundación en un terreno cuanto más cerca esté de los escurrimientos y es menos probable cuanto más lejos se encuentren. A su vez, los cuerpos de

agua siendo una extensión de agua, que cubre parte del terreno, también pueden ser una amenaza de inundación cuando aumenta el nivel del agua.

#### El factor edafológico

Dentro las propiedades físico-químicas de los suelos se encuentran el tipo de drenaje, que no es más que la velocidad con que el agua se infiltra a través de los horizontes del suelo. De acuerdo con la morfología y composición de los suelos, estos pueden absorber mayor cantidad de agua, como es el caso de los suelos permeables, o por lo contrario absorber menor cantidad de agua como sucede con los suelos semipermeables e impermeables. Según INEGI (2006) existen cuatro clases de drenaje: nulo, lento, moderado y rápido. En este caso, se consideró que los suelos con nulo y lento drenaje tienen mayor probabilidad de ser inundados.

#### Unidad hidrogeológica

Son definidas como áreas con uno o varios tipos de roca o material granular cuyas características físico-químicas permiten, en diferente grado, almacenar y transmitir el agua subterránea (<http://mapserver.inegi.org.mx>). Son áreas en donde la interacción de factores tales como: cobertura vegetal, permeabilidad de los suelos y roca, cantidad de precipitación y pendiente del terreno, restringen en diferente grado la infiltración del agua en el terreno (INEGI, 2001). Por lo tanto pueden ser clasificadas de acuerdo a la facilidad de ocurrencia de inundación.

#### Cobertura del Suelo.

La cobertura del suelo juega un papel importante en la regulación de la cantidad de agua que llegará de forma efectiva al suelo, en este sentido constituye una malla protectora para la estabilidad del terreno frente las inundaciones, permitiendo la infiltración. Actualmente muchas de las inundaciones son el resultado de la deforestación y de la alteración del entorno natural por diferentes intereses o razones, como crecimiento poblacional, desarrollo y crecimiento urbano entre otros. Así, mientras menor cobertura vegetal tenga un área mayor

escurrimiento y mayor probabilidad de que ocurra inundación. Es obvio que el municipio de Mazatlán como muchas partes del mundo no se puede ser la excepción de escapar a este fenómeno por destrucción del hábitat natural. Por otro lado, la vegetación es la síntesis de las características del medio ambiente, por lo que se considera que existen ecosistemas que son indicadores de la existencia de áreas inundables o propensas a la inundación como son los manglares, la vegetación halófila, la vegetación acuática y otros.

#### 4.5.1.2.- Estandarización o normalización de las variables

La integración de las variables de los distintos factores, se logró utilizando el mismo sistema de unidades, esto se conoce también como estandarización o normalización de los datos (Eastman, 2006). Esto implica que todas las capas de información geográfica a integrar se normalicen para que todas fluctúen dentro de un mismo intervalo de valores de 0 a 1 (Romero y Maskrey, 1993).

La estandarización de las variables de peligro se realizó en dos partes. Primero se clasificaron en variables cuantitativas (continuas) y en variables cualitativas o categóricas.

Posteriormente a las variables continuas se les aplicó la técnica de lógica difusa con una escala de 0 a 1 (Jiang y Eastman, 2000; Eastman 2006). Así mismo, a las categorías de las variables cualitativas se le asignó un valor de 0 a 1.

Se procedió a seleccionar el tipo y forma de función adecuado para cada factor. Se consideraron tres formas de función para relacionar los valores de un factor y su aptitud al objetivo: 1) incremento continuo, 2) disminución continua, y 3) simétrico; adicionalmente con el software IDRISIANDRES se manejaron cuatro tipos de funciones: sigmoidea, lineales, J y definida por el usuario.

##### 4.5.1.2.1.- Estandarización o normalización de las variables continuas

La evaluación del peligro de inundación se realizó mediante la integración de las variables involucradas representadas mediante la distribución geográfica de los

valores en mapas o capas digitales. Para lo cual, se generó cada variable en un mapa en formato raster. Para cada variable se elaboró un modelo cartográfico representando los diferentes pasos efectuados en la generación de los mapas y ejecutándolos en forma automática.

### Pendiente

La variable de pendiente se generó a partir del modelo digital de elevación mediante análisis de superficie como se indica en la Figura (19). Después de generar el mapa de pendiente se procedió a reclasificar el mapa, dando el valor de 1 a las celdas con pendiente menor de  $1^\circ$  y el valor de 0 a las celdas con pendiente mayor de  $1^\circ$ . Estos valores se asignaron con el fin de establecer que el terreno con baja pendiente son los inundables y con mayor pendiente no se inundan.

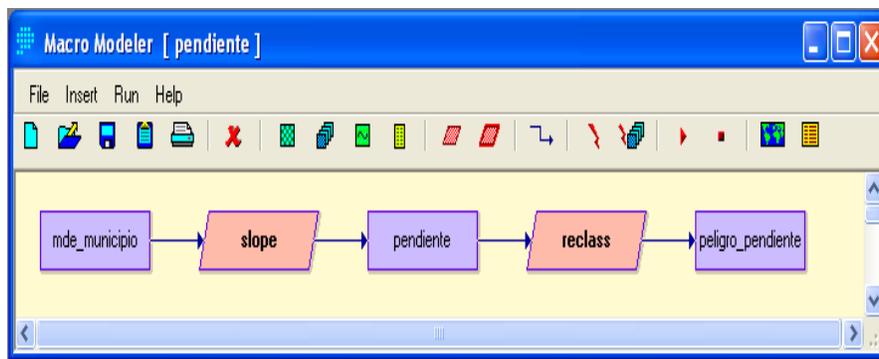


Figura 19.- Modelo cartográfico para la generación de la variable pendiente (Software IDRISI ANDES 15.)

Se estableció como una variable de restricción. Es decir, un criterio limitante que restringe la disponibilidad de algunas alternativas. Con este tipo de criterio se excluyen áreas en las categorías analizadas para la evaluación, en la cual el **1** representa las alternativas susceptibles de ser elegidas para el objetivo, y el **0** la no disponibilidad para los fines del objetivo.

## Altitud

La variable altitud se generó mediante la aplicación de proceso de lógica difusa con una función sigmoidea de forma decremento continuo, eso significa que la aptitud corresponde a los valores más pequeños de la variable, los valores utilizados fueron a, b, c (160) y d (200). El modelo cartográfico se muestra en la (Figura 20). Se consideró que un terreno de 0 a 160 msnm puede ser inundado, ya que a partir de dicha altitud la probabilidad disminuye. Con la aplicación de lógica difusa se estandarizaron los datos de 0 a 1.

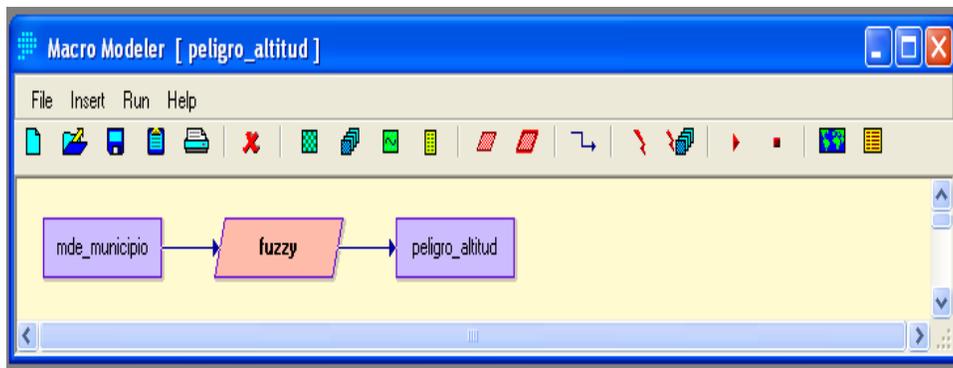


Figura 20.- Modelo cartográfico para la generación y estandarización de la variable altitud. (Software IDRISI ANDES 15.)

## Distancia a agua

La ubicación de los asentamientos humanos en muchos municipios de México obedece a situaciones históricas que provienen desde época de la Colonia cuando en las ordenanzas reales se mandaba el establecimiento de las ciudades cerca a cuerpos de agua para asegurar el abastecimiento y, el desarrollo de actividades económicas. Los asentamientos del municipio de Mazatlán no fueron la excepción y se ubicaron por la accesibilidad marítima como ruta de comunicación y comercio.

La variable distancia a agua, se generó a partir de la hidrografía con ríos, canales y cuerpos de agua (Figura 21). Estas capas hidrográficas fueron sobrepuestas a una sola capa y a partir de la cual se determinó la distancia. Finalmente se le aplicó una técnica de lógica difusa con una función lineal de incremento continuo

lo que significa que a medida que se incrementó el valor de la variable se obtiene menor aptitud. Eso significa que a menor valor de la variable mayor aptitud. Se consideró que un terreno ubicado de 0 a 3000 m de distancia a ríos/canales/cuerpo de agua puede ser inundado; por encima de este valor disminuye la posibilidad de inundación.

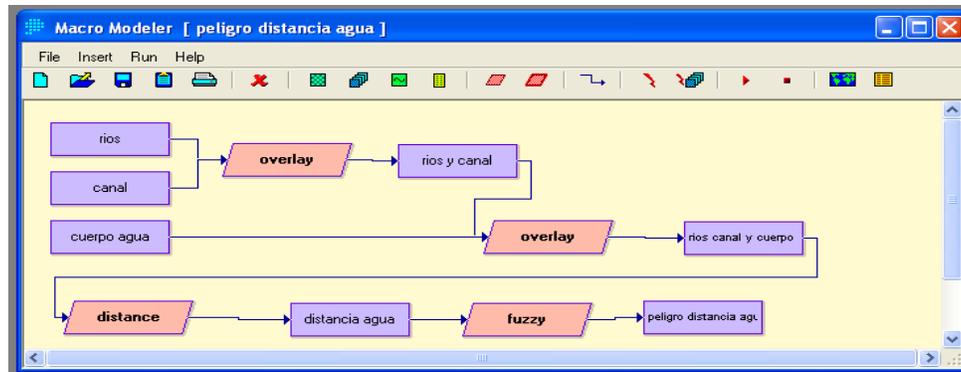


Figura 21.- Modelo cartográfico para la generación y estandarización de la variable distancia a agua. (Software IDRISI ANDES 15.)

#### 4.5.1.2 2.- Estandarización o normalización de las variables discretas

Las variables discretas fueron generadas y estandarizadas a partir de los datos geográficos digitales de los factores mencionados en el cuadro 4, estas variables están representadas por medio de áreas o polígonos. Para la estandarización, a los polígonos se les asignó un valor de 0 a 1 a cada categoría de la variable dependiendo del grado de influencia en la amenaza de inundación y se convirtieron a formato raster.

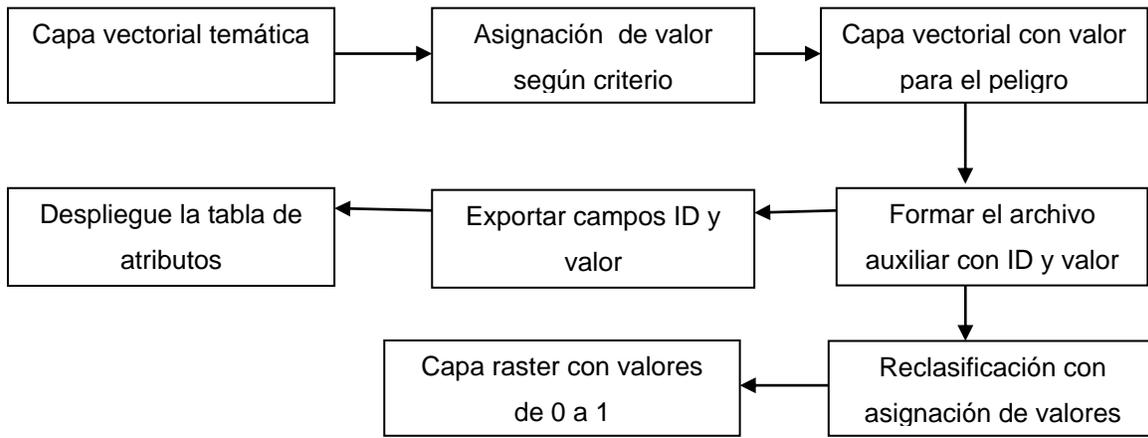


Figura 22.- Modelo cartográfico para la generación y estandarización de las variables discretas.

Los criterios establecidos para las variables y los valores de estandarización para asignar a cada categoría se muestran en los cuadros que se presentan a continuación.

### Precipitación

La variable de precipitación fue generada y estandarizada por la asignación de los valores de calificación según mostrados en el Cuadro 6.

Cuadro 6.- Criterio y valores asignados a los intervalos de precipitación total anual en mm.

	VALOR	PRECIPITACION
500-600	0.5	MUY BAJO
601-800	0.6	BAJO
801-1000	0.7	MEDIO
1001-1200	0.8	ALTO
1201-1500	1	MUY ALTO

Elaboración propia con base en conjunto de datos IMPLAN (2011).

### Tipo de roca

En esta variable se tomo como criterio la permeabilidad por porosidad de las rocas como se indica en el (Cuadro 7).

## Suelos

Las unidades de suelo fueron estandarizadas con la asignación de los valores indicados en el (Cuadro 8), según el tipo de drenaje.

Cuadro 7.- Criterio y valores de estandarización de la variable tipo de rocas.

CLASE		VALOR	CRITERIO (Permeabilidad)
Ígnea extrusiva		0	Permeable
Ígnea intrusiva		0	Permeable
Metamórfica		0.25	Permeable moderado
N/A	Suelos	0.50	Permeable baja
	Cuerpo de agua	1	No permeable
	Área sin información	1	No permeable
Sedimentaria		1	No permeable

Elaboración propia con base al conjunto de datos geológicos escala 1:250 000 ([www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx))

Cuadro 8.- Criterio y valores de estandarización de la variable tipos de Suelos

UNIDAD	VALOR	Tipo de Drenaje
Arenosol	0	Muy rápido
Cambisol	0.25	Rápido
Fluvisol	0.50	Medio
Gleysol	1	Nulo
Leptosol	0.75	Lento
Luvisol	0.75	Lento

## Continuación Cuadro 8

Urbanización	1	Nulo
Cuerpo de agua	1	Nulo
Phaeozem	0.50	Lento
Regosol	0.50	Medio
Solonchak	0.50	Medio
Vertisol	0.75	Lento
Litosol	0.50	Medio

Elaboración propia con base a los datos edafológicos a escala 1:250000 (www.inegi.org.mx).

## Unidad geohidrológica

Esta variable fue generada a partir de las unidades geohidrológicas, a las cuales, según la consolidación del material que la constituye, se les asignó un valor (Cuadro 9).

## Cuadro 9.- Estandarización de la Variable Unidad hidrogeológica

DESCRIPCIÓN DE UNIDAD	VALOR
Material consolidado con posibilidades bajas	1
Material no consolidado con posibilidades altas	0
Material no consolidado con posibilidades bajas	0.75
Material no consolidado con posibilidades medias	0.50

Elaboración propia con base en los datos de hidrología subterránea a escala 1:250000 de (www.inegi.org.mx).

## Cobertura del suelo

Esta variable contiene categorías que son indicadoras de que el área está o no sujeta a inundación periódica; los valores asignados a cada tipo de cobertura se indican en el (Cuadro 10).

Cuadro 10.- Categoría de tipo de cobertura y valores asignados.

TIPO		VALOR
Bosque de encino		0
Bosque de encino-pino		0
Bosque de pino		0
Bosque de pino-encino		0
Cuerpo de agua		1
Manglar		1
no aplicable	Urbanización	1
	Cuerpos de agua	1
Pastizal cultivado		0.75
Pastizal inducido		0.50
Riego		0.75
Selva baja caducifolia		0.25
Selva baja espinosa		0.25
Selva mediana subcaducifolia		0.25
Temporal		0.50
Vegetación halófila		1
Zona Urbana		1

Elaboración propia con base en los datos de uso del suelo y vegetación a escala 1:250000 (inegi.org.mx)

Así, cada mapa con valores estandarizados, representa el peligro de inundación según la variable, por tal motivo se les llamó mapa de peligro por altitud, peligro por pendiente, peligro por precipitación, etc.

#### 4.5.1.3.- Ponderación de las variables.

Como las variables continuas y discretas (mapas de peligro) tienen diferente influencia en el proceso de inundación, se procedió a otorgar pesos de importancia según su grado de influencia.

A cada variable se le asoció un valor de importancia en el fenómeno de inundaciones, esto se realizó utilizando el método de comparación por pares de Saaty (Gómez y Barredo, 2005).

Para lograr la ponderación, y haciendo un paralelismo con los numerosos estudios de evaluación multicriterio, se empleó un método que permitió asignar pesos jerárquicos o ponderaciones a las distintas variables que influyen en el fenómeno de inundaciones. Gómez y Barredo (2005) señalan que el objetivo de la ponderación es llegar a expresar, en términos cuantitativos, la importancia de las variables. El método de análisis jerárquico propuesto por Thomas Saaty es un procedimiento de comparación de pares de las variables que parte de una matriz cuadrada en la cual el número de filas y columnas está definido por el número de variables (o criterios) a ponderar. Así se establece una matriz de comparación entre pares, comparando la importancia de cada una de las variables, posteriormente se obtiene el eigenvector principal, el cual establece los pesos; y a su vez, proporciona una medida cuantitativa de la consistencia de los juicios de valor entre pares de factores (Saaty, 1980).

En las celdas de la matriz se asigna un valor que indica la importancia relativa de la primera variable con respecto a la segunda, esta con la tercera y así sucesivamente, y se obtiene una matriz de comparación simultánea por pares con valores en una escala que varía de 1/9 (se refiere a que la variable tiene la menor importancia o es extremadamente la más baja) a 9 (la variable es extremadamente importante) (Cuadro 11).

Cuadro 11.- Escala de medida para la comparación de pares.

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extrema	Muy fuerte	Fuerte	Moderada	Igual	Moderada	fuerte	Muy fuerte	Extrema
Menos importante					Más importante			

Con los valores de comparación se elaboró la matriz por pares de las variables consideradas para estimar el peligro de inundación; dicha matriz se muestra en el (Cuadro 12).

Cuadro 12.- Matriz de comparación entre pares de variables de peligro de inundación.

	Peligro por altitud	Peligro por precipitación	Peligro por distancia al agua	Peligro por clases de rocas	Peligro por tipos de suelos	Peligro por cobertura vegetal	Peligro por unidad geohidrológica
Peligro por altitud	1						
Peligro por precipitación	1/3	1					
Peligro por distancias a gua	5	7	1				
Peligro por clases de rocas	1/5	1/7	1/9	1			
Peligro por tipos de suelos	3	3	1/3	3	1		
Peligro por cobertura vegetal	5	5	1/3	7	1	1	
Peligro por unidad geohidrológica	1/3	1/3	1/5	1	1/3	1/5	1

Una vez establecidos los juicios de valor en la matriz de comparación se realizó el cálculo de eigenvector principal de la matriz, el cual representa el orden de prioridad de los indicadores o de las variables en forma cuantitativa. La sumatoria de estos pesos debe ser igual a 1.

Dicho módulo también indica la razón de consistencia de la matriz, para considerarla aceptable debe ser cercana a 0. Valores menores a 0.10 indican buena consistencia, si el valor excede a 0.10 indica una mala consistencia en cuyo caso se tiene que rehacer la valoración en la matriz de comparación (Cuadro 13).

Cuadro 13.- Eigenvector de pesos e índice de consistencia de las variables

Peligro por altitud	0.0962
Peligro por precipitación	0.0736
Peligro por la distancias a los Ríos/ Cuerpos de agua y canales	0.3819
Peligro por tipo de rocas	0.0287
Tipos de suelos	0.1566
Tipos de vegetación	0.2248
Unidad hidrogeológica	0.0382
Sumatoria	1
Índice de consistencia	<b>0.10</b>
Consistencia es aceptable	

#### 4.5.1.4.- Generación del mapa de peligro

Para la generación del mapa de peligro de inundación, se aplicó la Sumatoria Ponderada Simple propuesta por Gómez y Barredo (2005) y Eastman (2006)

$$P_i = R * \sum W_j V_{ij}$$

donde:

$P_i$  = Peligro

$W_j$  = Ponderación

$V_{ij}$  = Valor de la variable a evaluar

El mapa de peligro de inundación fue generado al utilizar los mapas de peligros de las variables estandarizadas y aplicando la regla de decisión (Sumatoria Ponderada Simple). Esta fase se realizó empleando el módulo MCE en el cual se indican las variables con los pesos establecidos y la variable definida como restricción que es la pendiente.

#### 4.5.2.- Análisis morfométrico de las subcuencas hidrológicas en el municipio de Mazatlán.

Se analizaron las cinco subcuencas existentes en el municipio teniendo en cuenta de las características morfológicas; es decir basándose, en la forma, ya que la forma de la cuenca influye sobre el hidrograma resultante de una precipitación dada el área, la pendiente, la longitud y el tiempo de concentración.

#### INDICADORES

Para el análisis de las subcuencas se calculó:

1) Índice de forma (Rf) (Índice de Horton).- Indica qué tan cerca o lejos se está de la forma de un círculo: (Zavonianu, 1985):

$$Rf = A_c / L_{cp}^2$$

Donde:

$A_c$  = Área de Cuenca ( $\text{km}^2$ )

$L_{cp}$  = Longitud de cauce principal (km)

2) Coeficiente de compacidad ( $C_c$ ).- Si el valor es 1.0, la forma de la cuenca es circular; si el valor es mayor, es que hay mayor distorsión y la forma de la cuenca se vuelve alargada o asimétrica (Zavonianu, 1985).

$$(C_c) = 0.282 \cdot P / A_c^{0.5}$$

Donde:

$P$  = Perímetro de la cuenca (km)

$A_c$  = Área de la Cuenca ( $\text{km}^2$ )

3) Tiempo de concentración ( $T_c$ ).- Se refiere al tiempo que tarda una gota de agua desde el punto hidráulicamente más alejado hasta la salida de la cuenca, existen varias formas de calcularlo, aquí se adoptó el método de Kirpich (Campos, 1998).

$$T_c = (0.870 L_{cp}^3 / H_x)^{0.385}$$

Donde:

$T_c$  = Tiempo de concentración (hr)

$A_c$  = Área de Cuenca ( $\text{km}^2$ )

$L_{cp}$  = Longitud de cauce principal (km)

$H_x$  = Diferencia de nivel entre salida de la cuenca y el punto hidráulicamente más alejado (m)

$i$  = pendiente de cauce principal (%) :  $i = H_x / L_{cp}$  :  $H_x = i L_{cp}$

#### DATOS DE LAS CUENCAS

Como datos de entrada se emplearon los que arroja el Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas denominado "SIATL", esta es una aplicación geoespacial de acceso por página electrónica en la dirección <http://antares.inegi.org.mx>, de donde se obtuvieron los datos:

- Área de la subcuenca
- Perímetro de la subcuenca
- Longitud del cauce principal
- Pendiente media

Se calcularon los indicadores mencionados y se compararon en una tabla bajo los criterios siguientes:

Cuadro 14.- Criterio índice de forma (Rf) (Horton)

Valor del Coeficiente	Clasificación	Criterio
0.0 – 0.20		PeligroMuy Alto
0.21 – 0.50		Peligro Alto
0.51 – 0.80		PeligroMedio
0.81 – 1.00	Circular	PeligroBajo

Cuadro 15.- Criterio coeficiente de Compacidad

Valor del coeficiente	Clasificación	Criterio
1	Circular	Peligro Muy Alto
1.1 – 1.25	Alargada	Peligro Alto
1.26 - 1.50	Alargada	PeligroMedio
1.51 - y más	Alargada	PeligroBajo

Cuadro 16.- Criterio tiempo de concentración (Horas) (Tc)

Valor del coeficiente	Clasificación	Criterio
0.0 – 5.0	Muy corto	Peligro Muy Alto
5.1 – 10.0	Corto	Peligro Alto
10.1 – 15.0	Medio	Peligro Medio
15.1 – mas	Amplio	Peligro Bajo

#### 4.5.3.- Método de evaluación de la vulnerabilidad global

Esta evaluación se hizo tomando como base la metodología de la vulnerabilidad global utilizada por Wilches (1993) y se modificó en el número de variables a estimar. El método original utiliza once variables y para este estudio se contemplaron sólo cuatro: la vulnerabilidad social, la vulnerabilidad física, la vulnerabilidad económica y la vulnerabilidad ecológica; aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Vulnerabilidad global} = VS * F1 + VEco * F2 + VE * F3 + VF * F4$$

Donde:

VS= vulnerabilidad social

VEco = vulnerabilidad económica

VE = vulnerabilidad ecológica

VF = vulnerabilidad física

Fn = peso de importancia

En primer lugar se realizó una revisión bibliográfica, seguida de la consulta de información generada por dependencias gubernamentales y académicas, misma que fue analizada y depurada, lo que permitió identificar las variables e indicadores específicos para cada tipo de vulnerabilidad que tuvieran relación con el riesgo de inundación. Posteriormente, se les asignó un valor de vulnerabilidad de 0 a 1 y luego fueron ponderados. La asignación de valor de vulnerabilidad fue realizada de tal manera que los datos de los indicadores quedarán estandarizados lo que permitió tener uniformidad dentro de los indicadores, mientras que la ponderación permitió analizar el grado de influencia de los diferentes valores que tienen los indicadores en la severidad de la vulnerabilidad. Para la ponderación se realizó en forma similar que en la evaluación de peligro; se empleó la técnica de Saaty (1977) con la comparación por pares entre los indicadores de cada variable y después se ponderaron las diferentes variables.

#### 4.5.3.1.- Evaluación de la vulnerabilidad social

##### 4.5.3 1.1.- Definición de las variables e indicadores de la vulnerabilidad social.

Para el análisis de la vulnerabilidad social frente a las inundaciones se identificaron y analizaron una serie de variables e indicadores (Cuadro 17). Los indicadores fueron generados a partir de los datos del Censo de Población y Vivienda 2010, realizado por INEGI, es importante señalar que la información

estadística en algunos de los indicadores de las localidades no coincidían con el total municipal por lo que fueron verificados y ajustados.

Cuadro 17.- Variables e indicadores de la vulnerabilidad social.

Tipo de vulnerabilidad	Variable	Indicador	
Vulnerabilidad Social	Población	Población total	
		Población de 65 años y más	
		Población de menor de 12 años	
		Densidad poblacional	
		Crecimiento poblacional.	
	Fuerza de trabajo	Población desocupada	
		Población económicamente activa	
	Vivienda	Número total de viviendas habitadas	
		Porcentaje de viviendas con piso de tierra	
		Porcentaje de viviendas sin electricidad	
		Porcentaje de viviendas sin agua entubada	
		Porcentaje de viviendas sin drenaje	
	Educación	Población analfabeta de 15 años y más	
		Promedio de grado escolar	
	Acceso a medios de comunicación	Porcentaje de viviendas con radio	
		Porcentaje de viviendas con televisión	
		Porcentaje de viviendas con teléfono fijo	
		Porcentaje de viviendas habitadas con internet	
			Índice de marginación urbana

La evaluación de la vulnerabilidad social se efectuó a nivel puntual, donde cada punto representa una localidad o asentamiento humano. Ya que los datos del censo tienen las coordenadas geográficas de las localidades, y con eso fue posible integrar los en una aplicación de SIG y generar los indicadores señalados en el cuadro.

#### 4.5.3.1.2.- Asignación de valores de vulnerabilidad

La mayoría de los indicadores involucró los datos originales del censo y no fueron procesados, pero en otros casos fue necesario calcular el porcentaje. Una vez

generados los indicadores se procedió a clasificar los datos (formar intervalos de clase) para asignarle un valor a cada clase.

La siguiente etapa fue realizar la clasificación de los valores del indicador en 5 o 6 clases o intervalos, para lo cual se utilizó el método de puntos de ruptura natural (Natural Break) que es un método de clasificación por defecto en ArcGis (Lantada y Núñez, 2004). Este método identifica saltos importantes en la secuencia de valores a crear y permite hacer agrupaciones o patrones de distribución inherentes a los datos (Peña, 2008). Cumplido lo anterior se procedió a otorgarles un valor de 0 a 1 a cada intervalo o clase, en donde 1 indica muy alta vulnerabilidad y 0 corresponde a nulo.

Cabe mencionar que algunos indicadores no fueron representados cartográficamente o incluidos en la evaluación, dado la naturaleza y disponibilidad de la información, sin embargo se presentan en cuadros o figuras porque dan soporte a la información general.

#### Variable Población

En la variable de población quedaron 3 indicadores, cuyos intervalos y valores asignados se muestran en los Cuadros 18,19 y20.

Cuadro 18.-.Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según la población total o número de habitantes.

<b>INTERVALOS</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>GRADO</b>
1-848	0.20	MUY BAJO
849-3085	0.40	BAJO
3086-6282	0.60	MEDIO
6283-13404	0.80	ALTO
13405-381583	1.00	MUY ALTO

Cuadro 19.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según el número de habitantes de 65 años y más.

INTERVALOS	CALIFICACIÓN	GRADO
-9999	N.D.	N.D.
0	0.00	NULO
1.-41	0.20	MUY BAJO
42-137	0.40	BAJO
138-357	0.60	MEDIO
458-999	0.80	ALTO
1000-23135	1.00	MUY ALTO

N.D. No determinado por falta de datos (-9999)

Cuadro 20.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según la población menor de 12 años.

INTERVALOS	CALIFICACIÓN	GRADO
-9999	N.D.	N.D.
0	0.00	NULO
1.-93	0.20	MUY BAJO
94-322	0.40	BAJO
323-668	0.60	MEDIO
669-2891	0.80	ALTO
2892-80882	1.00	MUY ALTO

N.D. No determinado por falta de datos (-9999)

### Variable Fuerza de Trabajo

En esta variable se incluyen dos indicadores cuyos intervalos o clases y valores de vulnerabilidad quedan en los Cuadros 21 y 22.

Cuadro 21.-Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según el porcentaje de la población desocupada.

INTERVALOS	CALIFICACIÓN	GRADO
-9999	N.D.	N.D.
0	0.00	NULO
0.000001 - 0.448430	0.20	MUY BAJO
0.448431 - 1.448275	0.40	BAJO
1.448276 - 2.941176	0.60	MEDIO
2.941177 - 5.000000	0.80	ALTO
5.000001 - 11.111111	1.00	MUY ALTO

N.D. No determinado por falta de datos (-9999)

Cuadro 22.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según el porcentaje de la población económicamente activa

INTERVALOS	CALIFICACIÓN	GRADO
-9999	N.D.	N.D.
0.000001 - 26.666667	1	MUY ALTO
26.666668 - 36.096718	0.8	ALTO
36.096719 - 43.548387	0.6	MEDIO
43.548388 - 52.941176	0.4	BAJO
52.941177 -66.666667	0.2	MUY BAJO

N.D. No determinado por falta de datos (-9999)

### Variable Vivienda

En esta variable se toman en cuenta el número de viviendas habitadas y se involucran cinco indicadores cuyos intervalos y valores de vulnerabilidad están presentados en los Cuadros 23, 24, 25, 26 y 27.

Cuadro 23.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según el número total de viviendas habitadas.

INTERVALOS	CALIFICACIÓN	GRADO
1-127	0.20	MUY BAJO
128-585	0.40	BAJO
586-1733	0.60	MEDIO
1734-3449	0.80	ALTO
3450-107393	1.00	MUY ALTO

Cuadro 24.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según el porcentaje de viviendas con piso de tierra.

INTERVALOS	CALIFICACIÓN	GRADO
-9999	N.D.	N.D.
0	0.00	NULO
0.000001 - 3.553299	0.20	MUY BAJO
3.553300 - 11.111111	0.40	BAJO
11.111112 - 25.000000	0.60	MEDIO
25.000001 - 50.000000	0.80	ALTO
50.000001 - 75.000000	100	MUY BAJO

N.D. No determinado por falta de datos (-9999)

Cuadro 25.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según el porcentaje de viviendas sin electricidad

INTERVALOS	CALIFICACIÓN	GRADO
-9999	N.D.	N.D.
0	0.00	NULO
0.000001 - 9.090909	0.20	MUY BAJO
9.090910 - 33.333333	0.40	BAJO
3.333334 -75.000000	0.60	MEDIO
75.000001 - 99.999999	0.80	ALTO
100	1.00	MUY ALTO

N.D. No determinado por falta de datos (-9999)

Cuadro 26.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según el porcentaje de viviendas sin agua entubada

INTERVALOS	CALIFICACIÓN	GRADO
-9999	N.D.	N.D.
0	0.00	NULO
0.000001 - 13.197970	0.20	MUY BAJO
13.197971 - 33.333333	0.40	BAJO
33.333334 - 75.000000	0.60	MEDIO
75.000001 - 99.999999	0.80	ALTO
100	1.00	MUY ALTO

N.D. No determinado por falta de datos (-9999)

Cuadro 27.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según el porcentaje de viviendas sin drenaje

INTERVALOS	CALIFICACIÓN	GRADO
-9999	N.D.	N.D.
0	0.00	NULO
0.000001 - 13.114754	0.20	MUY BAJO
13.114755 - 40.000000	0.40	BAJO
40.000001 - 76.923077	0.60	MEDIO
76.923078 - 99.999999	0.80	ALTO
100	1.00	MUY ALTO

N.D. No determinado por falta de datos (-9999)

#### Variable acceso a medios de comunicación

Esta variable corresponde a la vulnerabilidad ocasionada por falta de acceso a los medios de comunicación; involucra a indicadores cuyas clases o intervalos y valores de vulnerabilidad están en los Cuadros 28, 29, 30 y 31.

Cuadro 28.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según el porcentaje de viviendas con radio

INTERVALOS	CALIFICACIÓN	GRADO
-9999	N.D.	N.D.
0.00	1.00	MUY ALTO
0.000001 - 23.076923	0.80	ALTO
23.076924 - 56.081082	0.60	MEDIO
56.081083 - 83.333333	0.40	BAJO
83.333334 - 99.999999	0.20	MUY BAJO
100	0.00	NULO

N.D. No determinado por falta de datos (-9999)

Cuadro 29.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según el porcentaje de viviendas con televisión

INTERVALOS	CALIFICACIÓN	GRADO
-9999	N.D	N.D
0	1.00	MUY ALTO
0.000001 - 33.333333	0.80	ALTO
33.333334 - 76.470588	0.60	MEDIO
76.470589 - 94.230769	0.40	BAJO
94.23070 - 99.999900	0.20	MUY BAJO
99.999901 - 100	0.00	NULO

N.D. No determinado por falta de datos (-9999)

Cuadro 30.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según el porcentaje de viviendas con teléfono fijo

INTERVALOS	CALIFICACIÓN	GRADO
-9999	N.D.	N.D.
0	1.00	MUY ALTO
0.000001 - 7.189542	0.80	ALTO
7.189543 - 22.321429	0.60	MEDIO
22.321430 - 37.142857	0.40	BAJO
37.142858 - 75.000000	0.20	MUY BAJO

N.D. No determinado por falta de datos (-9999)

Cuadro 31.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según el porcentaje de viviendas habitadas con internet.

<b>INTERVALOS</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>GRADO</b>
-9999	N.D	N.D
0	1.00	MUY ALTO
0.000001 - 2.678871	8.00	ALTO
2.678872 - 8.655511	0.60	MEDIO
8.655512 - 16.062627	0.40	BAJO
16.062627 - 34.700586	0.20	MUY BAJO

N.D. No determinado por falta de datos (-9999)

#### Variable educación

En esta la variable se incluyeron los indicadores de promedio de grado escolar y número de analfabetas en la localidad. Los cuadros 32 y 33 muestran los intervalos y la calificación asignada.

Cuadro 32.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según la población analfabeta de 15 años y más.

<b>INTERVALOS</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>GRADO</b>
-9999	N.D.	N.D.
0	0.00	NULO
0.000001-2.459016	0.20	MUY BAJO
2.459017-6.944444	0.40	BAJO
6.944445-13.333333	0.60	MEDIO
13.333334-28.571429	0.80	ALTO
28.571430-50.000000	1.00	MUY ALTO

N.D. No determinado por falta de datos (-9999)

Cuadro 33.- Valor de vulnerabilidad asignado a los intervalos según el grado promedio de escolaridad.

INTERVALOS	CALIFICACIÓN	GRADO
-9999	N.D.	N.D.
0	1	MUY ALTO
0.1 – 5.25	0.8	ALTO
5.26 - 6.88	0.6	MEDIO
6.89 - 8.77	0.4	BAJO
8.78 -12.61	0.2	MUY BAJO

N.D. No determinado por falta de datos (-9999)

#### 4.5.3.1.3- Ponderación de los indicadores de las variables de la vulnerabilidad social

La ponderación es la expresión en términos cuantitativos de la importancia de los distintos elementos para acoger o ser afectados por una determinada acción. Mientras mayor sea la ponderación de un factor, mayor será la influencia de este factor en el mapa final. El programa de SIG usado tiene las herramientas de ponderación, la cual se basa en el método de comparación por pares de Saaty (1977). Este método permite calcular las ponderaciones a través una comparación pareada de los factores hacia el objetivo que posteriormente son analizadas para generar una serie de pesos, cuya sumatoria es igual a 1.

Primero se realizó la ponderación a nivel de indicadores de cada variable construyendo la matriz de comparación de pares, como se puede apreciar en los cuadros 34, 35, 36, 37, 38 y 39 ponderación de las variables.

Cuadro 34.- Matriz de ponderación de los indicadores de la variable población

<b>INDICADORES</b>	Población Total	Población menor de 12 años	Población de 65 años y más
Población Total	1		
Población menor de 12 años	1/3	1	
Población de 65 años y más	1/3	1	1

Cuadro 35.- Matriz de ponderación de los indicadores de la variable vivienda

<b>INDICADORES</b>	Total de viviendas habitadas	Viviendas habitadas con piso de tierra	VPH sin electricidad	VPH sin agua entubada	VPH sin drenaje
Total VPH	1				
VPH con piso de tierra	1/3	1			
VPH sin electricidad	1/5	1/3	1		
VPH sin agua entubada	1/5	1/3	1	1	
VPH sin drenaje	1/5	1/3	1	1	1

VPH. Viviendas particulares habitadas

Cuadro 36.- Matriz de ponderación de los indicadores de la variable fuerza de trabajo.

<b>INDICADORES</b>	Población económicamente activa	Población desocupada
Población económicamente activa	1	1/3
Población desocupada	3	1

Cuadro 37.- Matriz de ponderación de los indicadores de la variable educación

<b>INDICADORES</b>	Población analfabeta de 15 años y más	Grado promedio de escolaridad
Población analfabeta de 15 años y más	1	3
Grado promedio de escolaridad	1/3	1

Cuadro 38.- Matriz de ponderación de los indicadores de la variable acceso a medios de comunicación

<b>INDICADORES</b>	VPH con radio	VPH con tv	VPH con internet	VPH con teléfono
VPH con radio	1			
VPH con tv	1	1		
VPH con internet	1/5	1/5	1	
VPH con teléfono	1/3	1/3	1	1

VPH. Viviendas particulares habitadas

También se realizó la ponderación de las variables para evaluar la vulnerabilidad social mediante la creación de la matriz del Cuadro 39.

Cuadro 39.- Matriz de ponderación de las variables de vulnerabilidad social

<b>VARIABLES</b>	Población	Vivienda	Educación	Fuerza de trabajo	Acceso a medios de comunicación
Población	1				
Viviendas	.1/3	1			
Fuerza de trabajo	.1/3	.1/3	1		
Educación	.1/3	.1/3	.1/3	1	
Acceso a medios de comunicación	.1/5	.1/5	.1/3	.1/3	1

Una vez establecidos los juicios de valor en la matriz de comparación, se realizó el cálculo de eigenvector principal de la matriz, el cual representa el orden de

prioridad o peso de los indicadores o de las variables. La sumatoria de los pesos debe ser igual a 1 y la razón de consistencia tiene que ser cerca de 0 o menor de 0.10 para que sea aceptable. Los pesos de los indicadores y de las variables están en los Cuadros 40, 41, 42, 43, 44,45.

Cuadro 40.- Peso (eigenvector de ponderación) de los indicadores de la variable población.

<b>INDICADOR</b>	<b>PESO</b>
Población total	0.6000
Población menor de 12 años	0.2000
Población de 65 años y más	0.2000
Índice de consistencia	<b>0.00</b>
Consistencia aceptable	

Cuadro 41.- Peso (eigenvector de ponderación) de los indicadores de la variable Vivienda.

<b>INDICADOR</b>	<b>PESO</b>
Número total de Viviendas particulares habitadas	0.5389
Viviendas particulares habitadas con piso de tierra	0.2224
Viviendas particulares habitada sin agua entubada	0.0837
Viviendas particulares habitadas sin drenaje	0.0775
Viviendas particulares habitadas sin electricidad	0.0775
Índice de consistencia	<b>0.01</b>
Consistencia aceptable	

Cuadro 42.- Peso (eigenvector de ponderación) de los indicadores de la variable fuerza de trabajo.

<b>INDICADORES</b>	<b>PESO</b>
Población desocupada	0.666667
Población económicamente activa	0.333333
Índice de consistencia	<b>0.00</b>
Consistencia aceptable	

Cuadro 43.- Peso (eigenvector de ponderación) de los indicadores de la variable educación.

<b>INDICADORES</b>	<b>PESO</b>
Población analfabeta de 15 años y más	0.666667
Grado promedio escolar	0.333333
Índice de consistencia	<b>0.00</b>
Consistencia aceptable	

Cuadro 44.- Peso (eigenvector de ponderación) de los indicadores de la variable acceso a medio de comunicación.

<b>INDICADORES</b>	<b>PESO</b>
Viviendas particulares habitadas con radio	0.3961
Viviendas particulares habitadas con televisión	0.3961
Viviendas particulares habitadas con teléfono fijo	0.1170
Viviendas particulares habitadas con internet	0.0908
Índice de consistencia	<b>0.001</b>
Consistencia aceptable	

Cuadro 45.- Peso (eigenvector de ponderación) de las variables de vulnerabilidad social.

<b>VARIABLES</b>	<b>PESO</b>
Población	0.4219
Viviendas	0.2689
Educación	0.1574
Fuerza de trabajo	0.1004
Acceso a medio de comunicación	0.0514
Índice de consistencia	<b>0.08</b>
Consistencia es aceptable	

#### 4.5.3.1.4.- Generación de los mapas de vulnerabilidad social

Se calculó la vulnerabilidad social para cada localidad o asentamiento humano utilizando las variables y su peso, con la aplicación de la ecuación siguiente:

$$VS = 0.4219*Vp + 0.2689*Vv + 0.1574*Ve + 0.1004*Vf + 0.0514*Vc$$

Donde:

VS = Vulnerabilidad social

Vp = Variable población

Vv = Variable vivienda

Ve = Variable educación

VI = Variable fuerza de trabajo

Vc = Variable accesos a medios de comunicación

El mapa a elaborar debe representar las localidades con su grado de vulnerabilidad y con una geometría de puntos.

#### 4.5.3.2.- Evaluación de la vulnerabilidad física

##### 4.5.3.2.1.- Definición de las variables y componentes

En este apartado se relaciona la vulnerabilidad física ocurrida por inundación, estos eventos tienen no solamente impacto a la población y al ambiente, sino también a las infraestructuras físicas por los daños o destrucción que pueden sufrir aquellas. La infraestructura física del municipio de Mazatlán considerada en este vías de comunicación en diferentes redes (carreteras, pista de aviación, vías férreas), infraestructuras hidráulicas (presas, canales), infraestructuras eléctricas (líneas de transmisión, subestación eléctrica, planta generadora). Además de las

pérdidas financieras que pueden causar por sus parálisis o interrupción de operación así como los costos de reparación o de reconstrucción que provocan.

En el caso del sector eléctrico, los daños directos suelen afectar a los componentes principales: centrales eléctricas, líneas de transmisión, subestaciones y plantas generadoras. Los costos de reparación o de reconstrucción para recuperar las capacidades operativas generalmente son muy altos, además del tiempo necesario para las obras de reparación y costos ligados a la satisfacción de necesidades temporales.

Los sistemas de transmisión y distribución son líneas y redes que, si se dañan o dejan de funcionar, muchas localidades, industrias y hogares, se verían afectadas con impactos diferentes.

Por otro lado, los asentamientos humanos ubicados en los márgenes de los canales pueden estar en riesgo durante las inundaciones por la insuficiencia del drenaje que es provocado por el indebido depósito de la basura en el cauce natural de los canales lo que puede afectar su dirección o en su anchura; o bien por verse rebasada su capacidad de conducción.

La definición de las variables se realizó según la consulta bibliográfica y de acuerdo a los datos geográficos digitales existentes a escala 1:250000. Se establecieron tres variables y 11 rasgos o elementos (Cuadro 46).

Cuadro 46.- Variables y elementos o componentes de la vulnerabilidad física

Tipo de vulnerabilidad	Variables	Componentes
Vulnerabilidad física	Infraestructura vías de comunicación	Brecha Terracería Calle Carretera pavimentada Aeropuerto Vía férrea
	Infraestructura eléctrica	Líneas de transmisión Subestación eléctrica Planta generadora
	Infraestructura hidráulica	Canal Presa

#### 4.5.3.2.2.- Asignación de valores a los componentes de las variables.

Una vez establecidas las variables y sus componentes se procedió a asignarles un valor como calificación a su vulnerabilidad, de tal manera que se elaboraron los Cuadros 47, 48 y 49.

Cuadro 47.- Vulnerabilidad asignada a los componentes de la variable Infraestructura vías de comunicación.

TIPO DE VÍA DECOMUNICACIÓN	CALIFICACION	GRADO
Brecha	0.20	Muy baja
Terracería	0.40	Baja
Calle	0.60	Medio
Carretera Pavimentada	0.80	Alto
Aeropuerto	1.0	Muy Alto
Vía férrea	0.40	Baja

Cuadro 48.- Vulnerabilidad asignada a los componentes de la variable Infraestructura eléctrica.

TIPO DE INFRAESTRUCTURA ELECTRICA	CALIFICACIÓN	GRADO
Líneas de transmisión	0.60	Medio
Subestación eléctrica	0.80	Alto
Planta generadora	0.80	Alto

Cuadro 49.- Vulnerabilidad asignada a los componentes de la variable infraestructura hidráulica.

TIPO DE INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA	CALIFICACION	GRADO
Canales	0.60	Medio
Presas.	0.60	Medio
Estanques	0.40	Bajo

Las áreas urbanas o localidades de gran extensión fueron calificadas con el valor de 1.0, es decir, de muy alta vulnerabilidad,

#### 4.5.3.2.3.-Generación de los mapas de vulnerabilidad física

Con los componentes calificados por su vulnerabilidad se elaboró un mapa con puntos y líneas representadas según su vulnerabilidad a las inundaciones.

#### 4.5.3.3.- Evaluación de la vulnerabilidad económica

En este apartado se consideraron como variables económicas las actividades agropecuarias ya que éstas constituyen unas de las actividades económicas que pueden ser de las más afectadas por las pérdidas directas de las áreas agrícolas y las áreas de pastizales que ocasionan las inundaciones, además de las pérdidas financieras provocada por las pérdidas de animales.

Se seleccionaron variables de actividades agropecuarias en áreas relacionadas a la vulnerabilidad económica (Cuadro 50). Se relacionó la vulnerabilidad económica a los daños y costos de las pérdidas materiales que se pueden ocasionar por una inundación en áreas dedicada a la agricultura y pastizales para ganado.

Cuadro 50.- Variables e indicadores de la vulnerabilidad económica

Tipo de vulnerabilidad	Variables	Indicadores
Vulnerabilidad económica	Actividad Agropecuaria	Tipo de Área de pastizal
		Tipo de Área agrícola
		Tipo de cultivo

Definidas las variables e indicadores se procedió a asignarles un valor de acuerdo a la vulnerabilidad que pueden tener las áreas en caso de una inundación (Cuadro 51).

Cuadro 51.- Indicadores y valores de vulnerabilidad a las inundaciones.

INDICADORES	CALIFICACIÓN	GRADO DE VULNERABILIDAD
Área de pastizal inducido	0.40	Bajo
Área de pastizal cultivado	0.60	Medio
Área de agricultura de temporal	0.80	Alto
Área de agricultura con riego	1.0	Muy Alto
Cultivos permanentes	0.80	Alto
Cultivos anuales	1.0	Muy Alto

En este caso fue necesario estimar la vulnerabilidad de las áreas agrícolas tomando en cuenta el tipo de agricultura (riego o temporal) y el tipo de cultivo (cultivo anual o permanente), por lo que se procedió a realizar una ponderación, cuya matriz es el Cuadro 52.

Cuadro 52.- Matriz de ponderación de los indicadores de la variable agricultura.

INDICADORES	Tipos de agricultura	Tipos de cultivos
Tipos de agricultura	1	
Tipos de cultivos	1/3	1

Los pesos o eigenvector de ponderación de la matriz se muestran en el Cuadro 53. Estos valores fueron aplicados a las áreas agrícolas para estimar su vulnerabilidad.

Cuadro 53.- Pesos de ponderación de las áreas agrícolas.

INDICADOR	PESO
Tipos de agricultura	0.666667
Tipos de cultivos	0.333333
Índice de consistencia	<b>0.00</b>
Consistencia aceptable	

El mapa de vulnerabilidad económica se generó con la combinación de los mapas de la vulnerabilidad agrícola y la vulnerabilidad de pastizales.

#### 4.5.3.4.- Evaluación de la vulnerabilidad ecológica

Como primer paso en la evaluación se seleccionaron las variables e indicadores relacionados con la vulnerabilidad ecológica (Cuadro 54). En este caso se consideró importante realizar la evaluación considerando el tipo de cobertura vegetal, su susceptibilidad de ser destruida y su capacidad de recuperarse.

Cuadro 54.- Variables e indicadores de la vulnerabilidad ecológica

Tipo de vulnerabilidad	Variable	Indicador
Vulnerabilidad ecológica.	Tipo de cubierta vegetal	Área de protección de fauna y de flora Bosque Selva Vegetación acuática Área sin vegetación

Posteriormente se le asignó un valor de vulnerabilidad a los diferentes tipos de cobertura vegetal y áreas importantes de conservación (Cuadro 55).

Cuadro 55.- Indicadores y calificación de vulnerabilidad ecológica.

INDICADORES	CALIFICACIÓN	GRADO
Área de protección de fauna y de flora	1.0	MUY ALTO
Bosque	0.80	MUY BAJO
Selva	0.60	MEDIO
Vegetación acuática	0.40	NULO
Área sin vegetación	0.20	ALTO

Con los valores de vulnerabilidad se generó el mapa de vulnerabilidad ecológica de tal manera que los tipos de cobertura vegetal y el área de protección quedaran con los valores asignados.

#### 4.5.4.- Evaluación de riesgo

La evaluación del riesgo consiste en interrelacionar la estimación del peligro y de la vulnerabilidad. A partir de los mapas de peligro y de vulnerabilidad se generaron cuatro mapas de riesgo.

##### Riesgo social

El riesgo social fue evaluado con el mapa de peligro de inundación y la vulnerabilidad de las localidades representadas como puntos. Fue necesario que cada punto (localidad) tuviera asociado el valor de vulnerabilidad y el de peligro. Esto se logró mediante la extracción del valor del peligro representado en un mapa y agregado a los puntos de localidades. Así, en cada punto se contó con los valores necesarios para calcular el riesgo aplicando la ecuación de riesgo.

$$\text{Riesgo Social} = \text{Peligro} * \text{Vulnerabilidad social}$$

Con los valores de riesgo en cada punto se elaboró el mapa de riesgo representando las localidades con la simbología de grado de riesgo a las inundaciones y se presentaron en cuadros el número de localidades con número de vivienda y número de habitantes en cada nivel de riesgo.

##### Riesgo físico

La evaluación del riesgo físico se realizó utilizando el mapa de peligro (vectorial) y el mapa de vulnerabilidad física en el cual la infraestructura está representada mediante puntos, líneas y polígonos. El proceso consistió en combinar los mapas de puntos, líneas o polígonos con el mapa de polígonos de peligro mediante una función de geoprocésamiento (Unión o Intersect), con el cual a la tabla de atributos

de los puntos se le agregaron los atributos de los polígonos del mapa de peligro. Y con los datos de vulnerabilidad y de peligro se calculó el riesgo con la ecuación:

Riesgo Físico = Peligro \* Vulnerabilidad física

La elaboración del mapa de riesgo físico consistió en representar el grado de riesgo de los componentes de la infraestructura existente en el municipio sobre el mapa de peligro de inundación.

Riesgo económico

La evaluación del riesgo económico consistió en calcularlo a partir del mapa de peligro y el mapa con las áreas de pastizal y agricultura calificadas según su vulnerabilidad a la inundación. Se logró mediante el geoprocésamiento de unión de los dos mapas y el cálculo del riesgo mediante la ecuación:

Riesgo económico= Peligro \* Vulnerabilidad económica

La elaboración del riesgo se realizó representando los polígonos de las áreas agrícolas y las áreas de pastizales con el nivel de riesgo sobre el mapa de peligro.

Riesgo ecológico

La evaluación del riesgo ecológico se realizó con la combinación del mapa de peligro con el mapa de vulnerabilidad ecológica; se hizo la unión de mapas mediante geoprocésamiento de manera similar que en riesgo económico, y a nivel de atributos se multiplicó el valor de vulnerabilidad por el valor de peligro.

El mapa de riesgo ecológico se elaboró con la representación de los polígonos con el nivel de riesgo sobre el mapa de peligro de inundación.

## V.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1.- Evaluación de peligro de inundación

A partir de los factores y variables seleccionados se establecieron los criterios para la elaboración de base de datos y de mapas. Estas variables se refieren a las características geomorfológicas del terreno. Las características geomorfológicas reflejan el estado físico del municipio y pueden actuar por si solas o ligadas a las actividades antropogénicas de aspectos sociales, demográficos, económicos y de gestión de infraestructura pública.

#### 5.1.1.- Generación de mapas de las variables normalizadas

##### 5.1.1.1.- Mapas de las variables continuas

Se generaron las variables continuas (Altitud, pendiente, distancias a los ríos, cuerpo de agua, canales). Posteriormente, con técnicas de lógica difusa las variables continuas se estandarizaron a valores de 0 a 1 mediante la aplicación del software IDRISI Andes y se obtuvieron los mapas de peligro de cada una de las variables.

#### **Peligro por pendiente del terreno**

El mapa de peligro resalta las probabilidades de peligro de inundación por pendiente del terreno en el municipio. Las zonas con mayor probabilidad de peligro de inundación tienen el valor de 1 (con menos del 1% de pendiente) y las que son de peligro nulo tienen el valor de 0 (más del 1% de pendiente). Esta variable es considerada como una restricción, lo que implica que las áreas con 0 no tienen probabilidad de inundación.

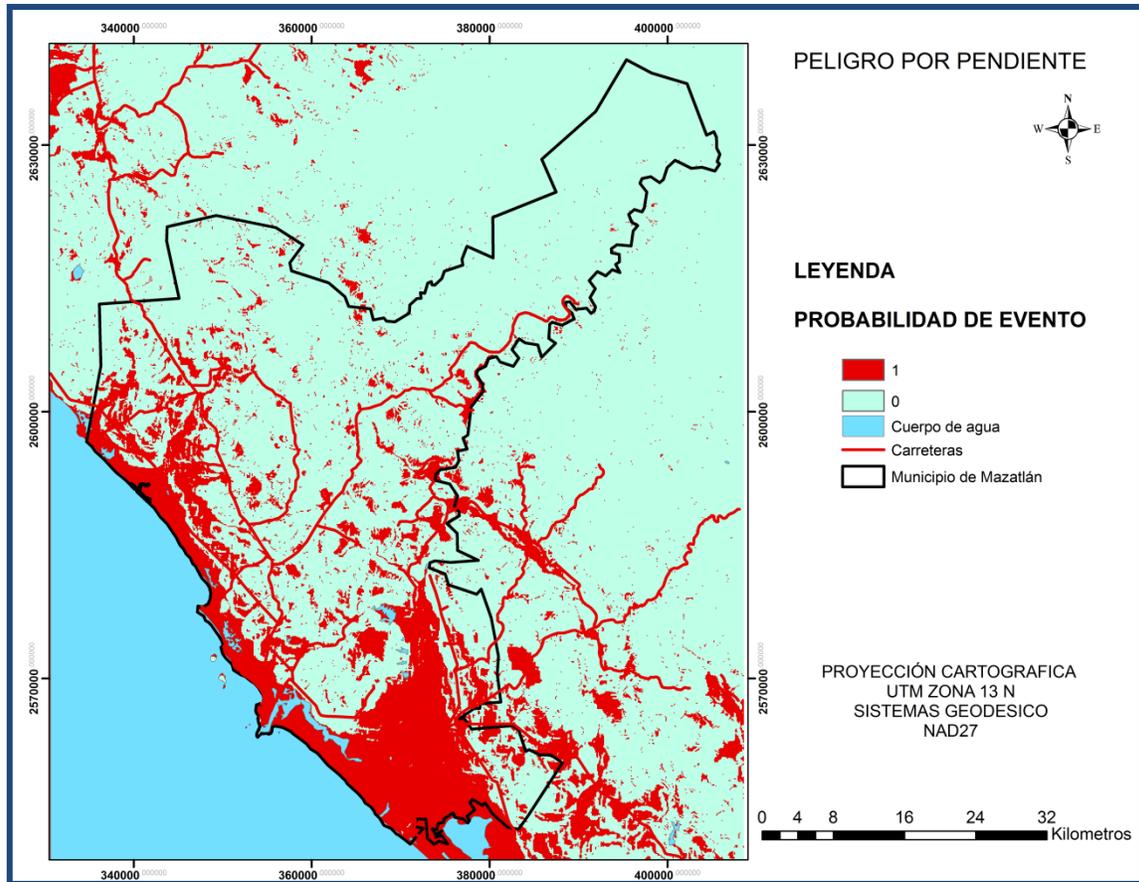


Figura 23.- Mapa de peligro por pendiente

### Peligro de inundación por altitud

En la figura 24 se describen las posibilidades de peligro de inundación por altitud en el municipio. Las zonas con valores de 1 representan las zonas de menor altitud y tienen mayor peligro de inundación. Las áreas con valor 0 representan las zonas con mayor altitud (más de 160 msnm), por lo tanto, el peligro de inundación es menor hasta llegar a ser nulo. A medida que aumenta la altitud, disminuye la probabilidad de inundación.

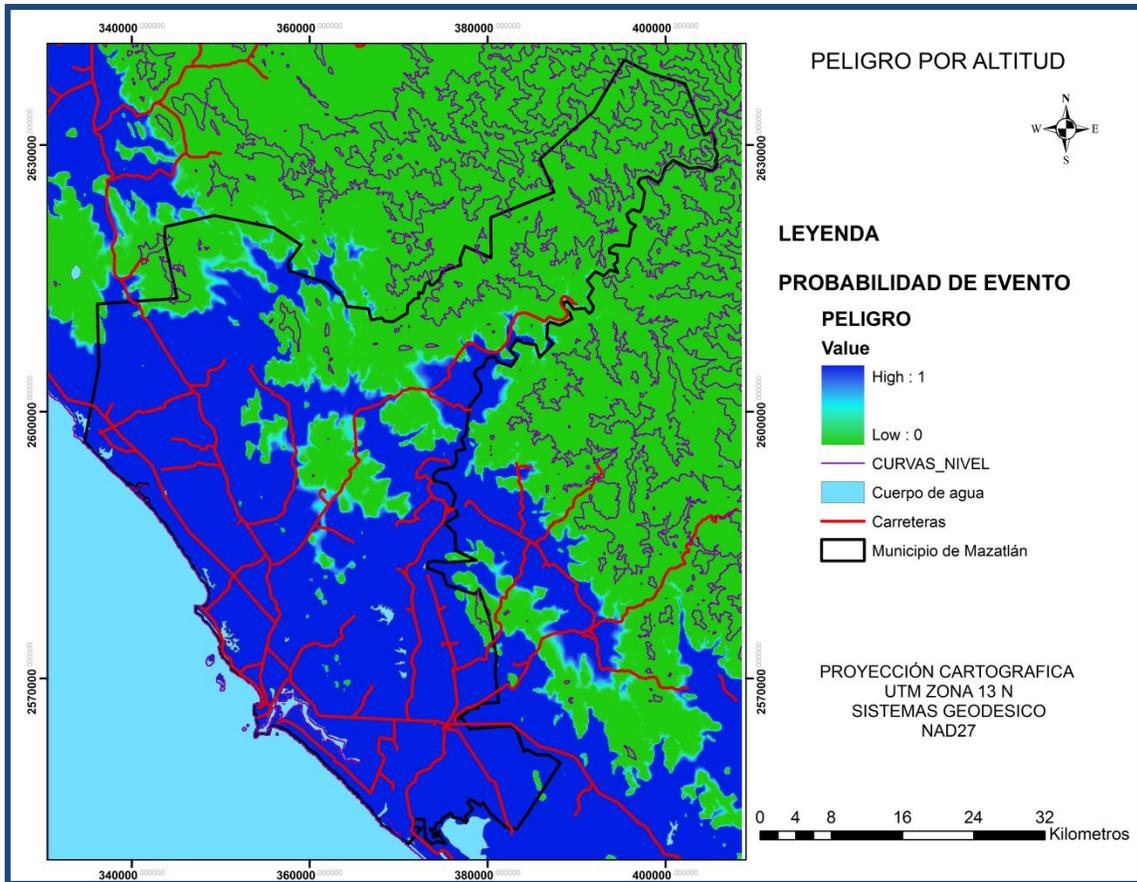


Figura 24.- Mapa de peligro por altitud

### **Peligro por la distancia agua (distancias a ríos, cuerpo de agua y canales).**

Esta variable representada, como capa o mapa digital, expone las probabilidades de peligro por la distancia o cercanía a los ríos, cuerpo de agua y canales. Las zonas más cercanas tienen el valor 1 y por lo tanto con probabilidad de peligro de inundación, conforme la distancia aumenta la probabilidad disminuye hasta el valor 0 de peligro nulo (Figura 25).

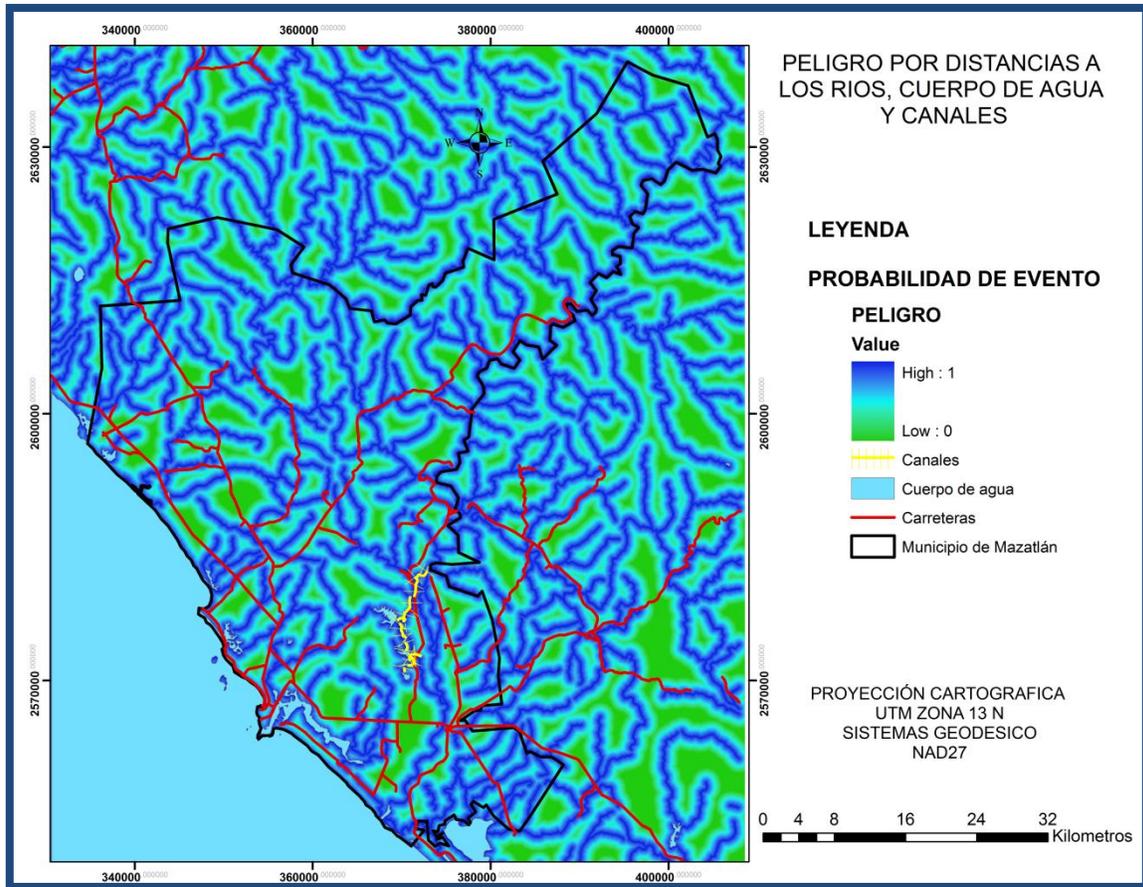


Figura 25.- Mapa de peligro por distancias a los ríos, cuerpos de agua y canales

#### 5.1.1.2.- Mapas de las variables discretas

Con los criterios que se establecieron para la asignación de peligro a las categorías de cada una de las variables discretas, se generaron los mapas de peligro de inundación de manera estandarizada. Los resultados de estos mapas muestran los valores asignados a cada criterio de estandarización en el peligro de inundación.

#### **Peligro por tipo de roca**

La figura 26 representa la probabilidad de ocurrencia de un evento considerando las clases de rocas con sus diferentes probabilidades relacionadas con la permeabilidad. Las rocas sedimentarias, de valor 1, son de mayor probabilidad de peligro ya que son rocas no permeables; los suelos tienen una probabilidad

moderada de valor 0.50, por ser de permeabilidad baja ya que se refieren a suelos lacustres; las rocas metamórficas tienen una probabilidad baja, valor 0,25, son rocas de permeabilidad moderada y las rocas permeables de valor 0, con probabilidad de inundación nula

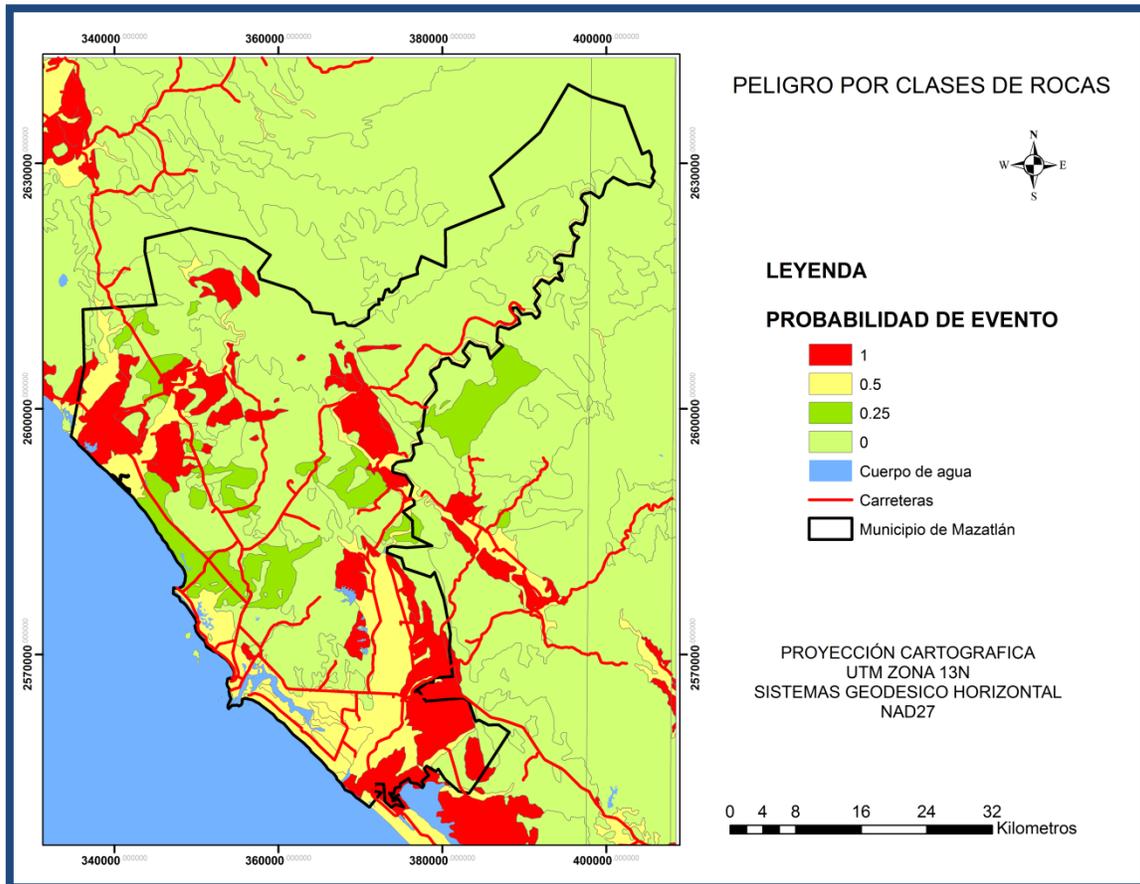


Figura 26.- Mapa de peligro de inundación por clases de Rocas

### Peligro por el tipo de suelo

El mapa de la variable de los tipos de suelos (Figura 27) muestra la probabilidad del peligro de inundación según el tipo de drenaje del suelo. A los suelos de valores 0 se correspondan suelos con drenaje muy rápido; los suelos de valor 0,25 son de tipo de drenaje rápido y los suelos con drenaje moderado, lento y nulo con

sus respectivos valores 0.50, 0.75 y 1. Cabe mencionar que las zonas urbanas y los cuerpos de agua presentan el valor 1.

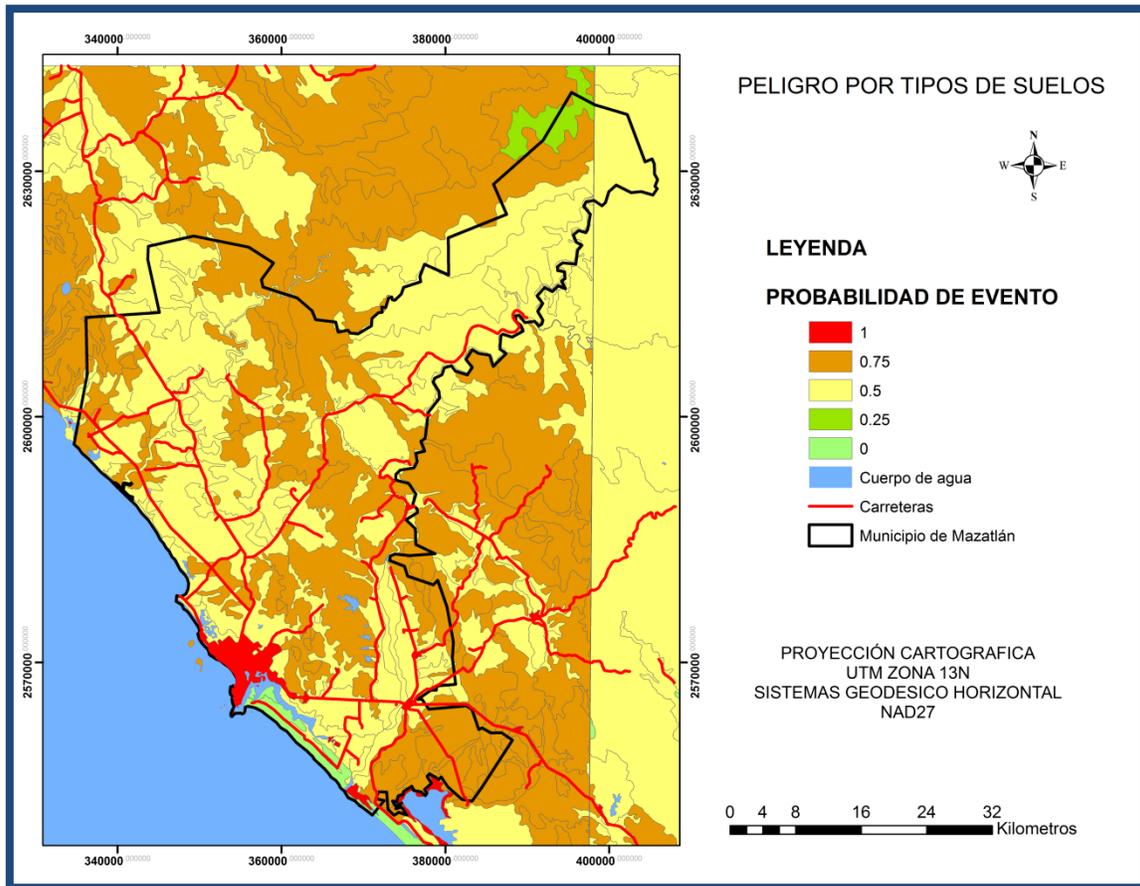


Figura 27.- Mapa estandarizado de peligro de inundación por tipos de Suelos

### Peligro según el tipo de cobertura del suelo

En la figura (28) se muestran valores de probabilidad según el tipo de cubierta vegetal o el suelo; existen varios tipos de cubierta que indican la probabilidad de inundación y otros tipos indican poca o nula probabilidad de inundación. Se puede ver en este mapa que las zonas con valores de 0 se refieren a la vegetación boscosa; este tipo de vegetación no es indicador de peligro de inundación, ya que constituye papel importante en la regulación de la cantidad de agua que llegará de

forma efectiva al suelo, en este sentido constituye una malla protectora para la estabilidad del terreno frente las inundaciones. Un suelo desprovisto de vegetación corre el peligro de que aumente la erosión y, a su vez, favorece las inundaciones. Seguido viene la vegetación de selva como indicador de muy bajo peligro. Las zonas de mayor peligro de inundación tienen el valor de 1; se refieren a la zona urbana y a la vegetación acuática que son indicadores de zonas de peligro. Uno de los aspectos de la urbanización supone la existencia de áreas no permeables por la pavimentación, las viviendas y la realización de muchas obras de infraestructura y vías de comunicación; las cuales cuando no se hacen en armonía con el ambiente natural, pueden poner en peligro de inundación al municipio. El aumento del asfalto impermeabiliza el suelo, lo que impide que el agua sea absorbida por la tierra. Los pastizales cultivados, así como los cultivos de riego presentan un peligro alto; los pastizales inducidos y cultivos de temporal tienen el valor de 0.5, es decir, medio. En efecto los cultivos en general desnudan el suelo de su cobertura vegetal, facilitan la erosión, con lo que llegan a los ríos grandes cantidades de materiales en suspensión que agravan los efectos de la inundación.

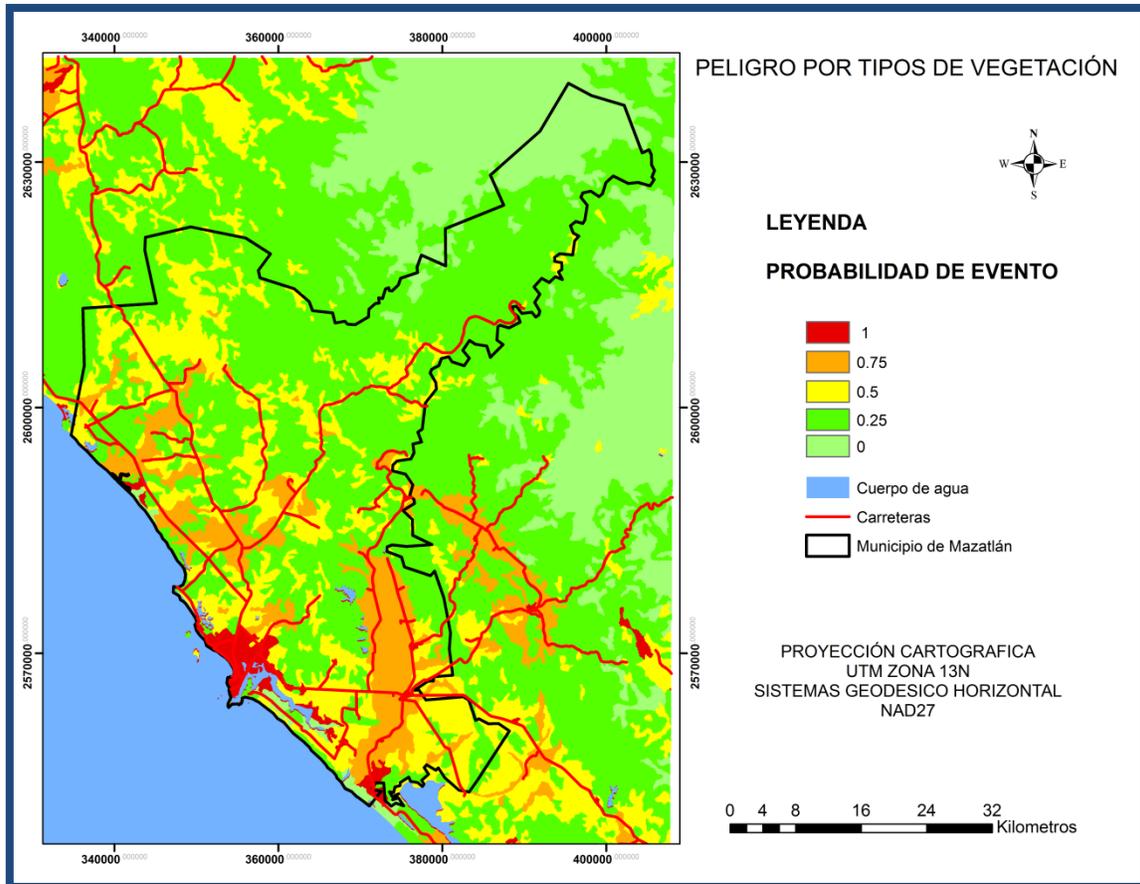


Figura 28.- Mapa de peligro de inundación según el tipo de cobertura vegetal.

### Peligro por el tipo de unidad geohidrológica

El mapa de la variable de peligro por unidad geohidrológica (Figura 29) muestra las diferentes probabilidades, según el tipo de material y la posibilidad de existencia de manto freático. Áreas con materiales consolidados con posibilidades bajas tienen el valor **1** y son las de mayor probabilidad de peligro. Los materiales no consolidados de posibilidades bajas correspondan 0.75. Los materiales no consolidados con posibilidades altas con valor **0** y los materiales no consolidados con posibilidades medias correspondan a los valores 0.50.

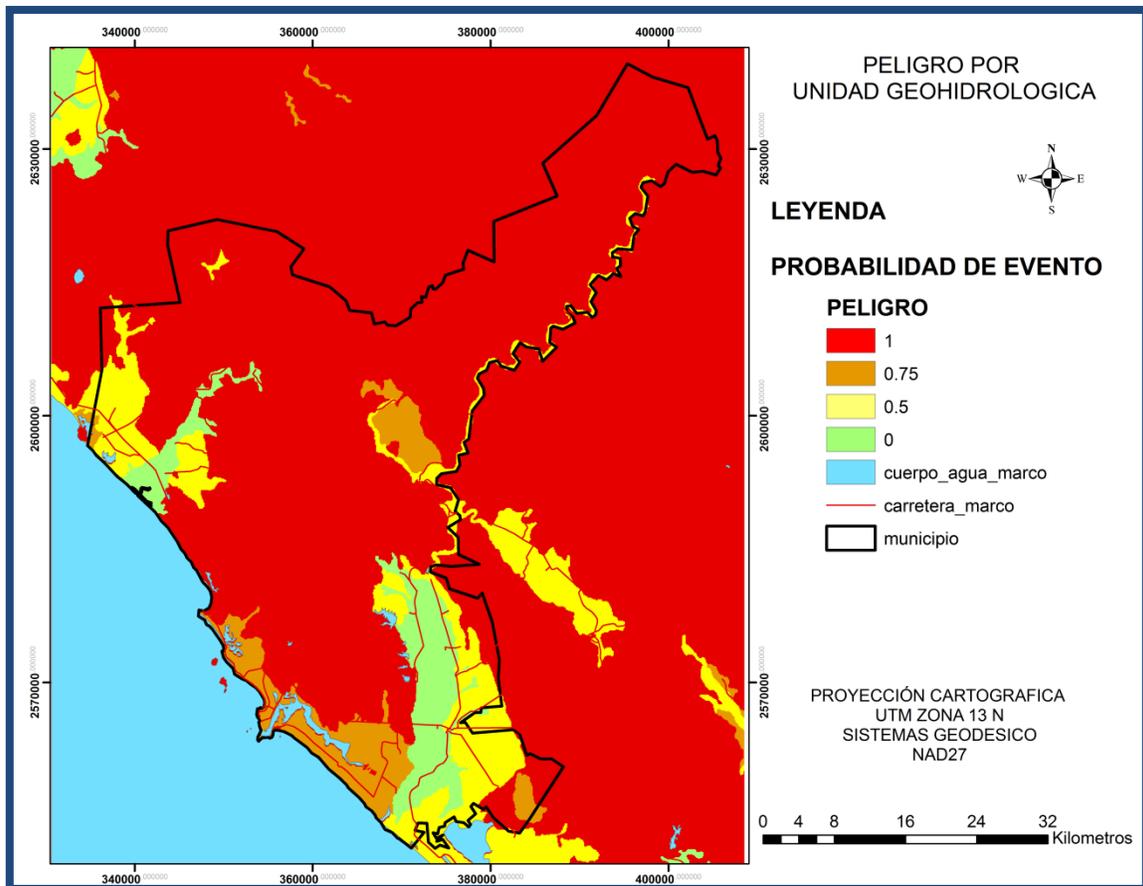


Figura 29.- Mapa de peligro por unidad geohidrológica.

### Peligro por precipitación

En la Figura 30 se representan las probabilidades de peligro de inundación por la variable de precipitación, en función de la precipitación total anual. Cabe resaltar que las zonas con mayor precipitación no siempre son las que tienen mayor peligro de inundación; lo que quiere decir que no forzosamente la precipitación es la única o más importante causa de inundación, sino que se suma a otros orígenes o causas.

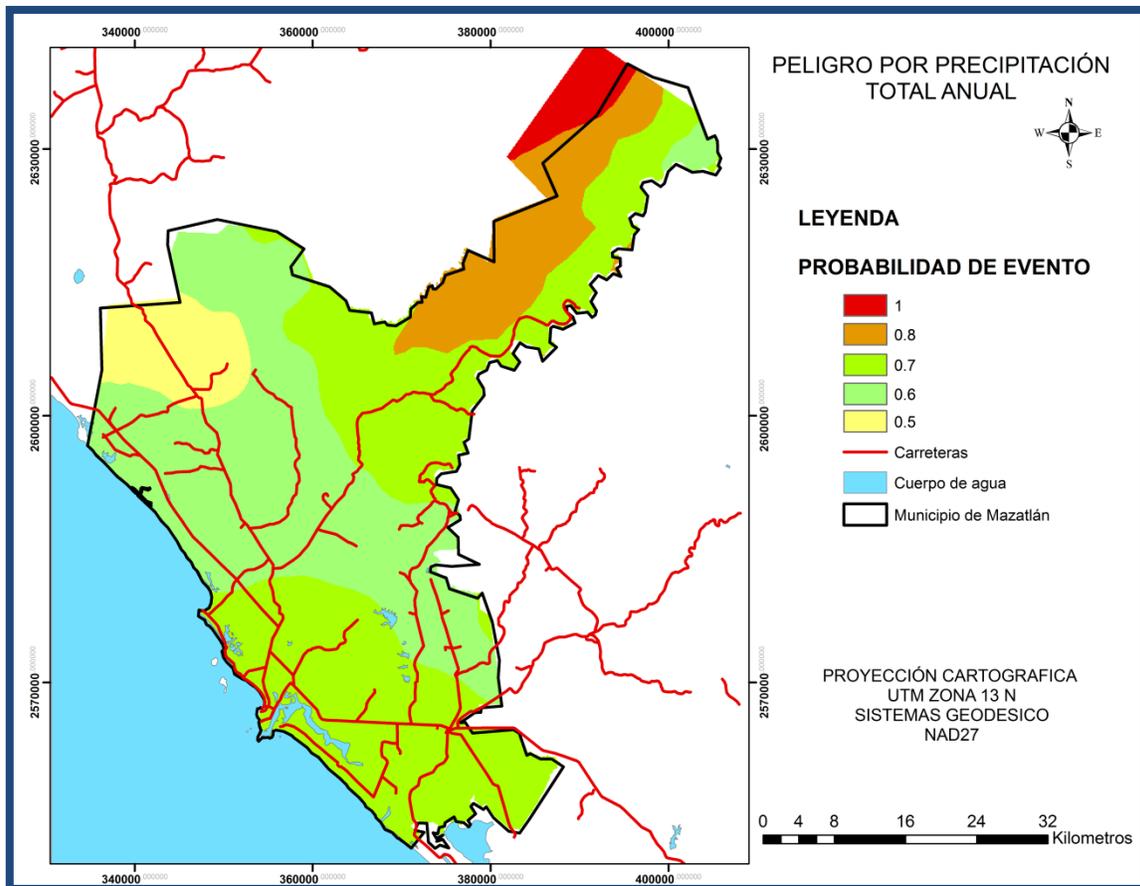


Figura 30.- Mapa de peligro por precipitación

### 5.1.3.- Ponderación de las variables

Se obtuvo la ponderación de las variables para estimar el peligro de inundación integrado, la que muestra la importancia relativa de cada variable hacia el objetivo y también indica el nivel de consistencia de la ponderación que debe ser cercana a 0 para que sea aceptable. Las variables de mayor peso fueron la variable de distancias a los ríos-cuerpos de agua-canales, cobertura vegetal, suelos, altitud precipitación; y los de menor peso fueron clase de rocas y unidad geohidrológica.

Con la ponderación se obtuvo la ecuación de sumatoria lineal simple para estimar el peligro en todo el municipio:

$$\text{Peligro} = P_p * (0.0962 * P_a + 0.0736 * P_{pre} + 0.3819 * P_{da} + 0.0287 * P_r + 0.1566 * P_s + 0.2248 * P_v + 0.0382 * P_{hg})$$

Donde:

Pp = Mapa de Peligro por pendiente del terreno

Pa = Mapa de Peligro por altitud

Pre = Mapa de Peligro por precipitación

Pda = Mapa de Peligro por la distancias a los Ríos/ Cuerpos de agua y canales

Pr = Mapa de Peligro por tipo de rocas

Ps = Mapa de Peligro por suelo

Pv = Mapa de Peligro según cubierta vegetal

Phg = Mapa de Peligro por unidad geohidrológica

#### 5.1.4.- Generación de mapa de peligro de inundación

Con la aplicación de sumatoria lineal simple se obtuvo el Mapa de Peligro de Inundación, el cual que fue reclasificado con valores de 0 a 10, que indican los diferentes niveles de amenaza o probabilidad de inundación. Las áreas con valor de 10 son las que tienen mayor probabilidad de peligro, ya que se refiere a la zona urbana y las zonas bajas del sureste. Las zonas de muy baja probabilidad tienen el valor de 0 (Figura 31).

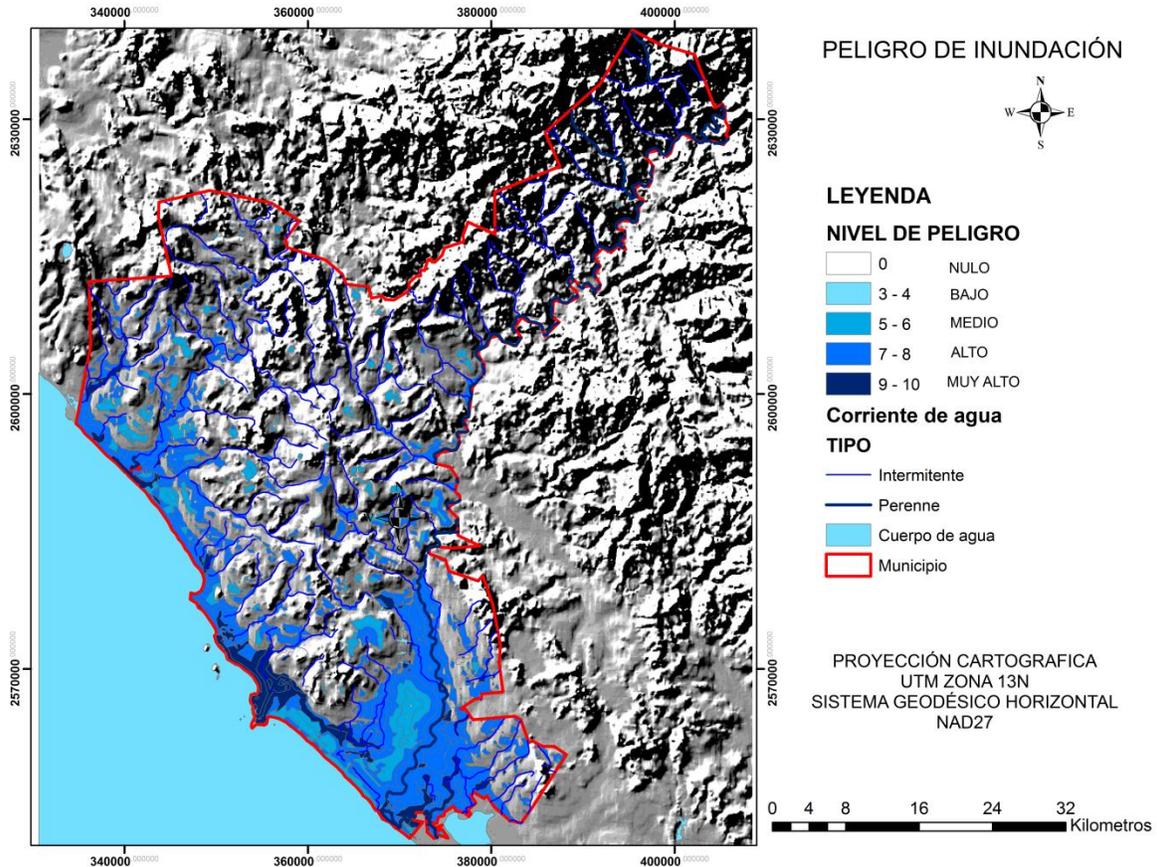


Figura 31.- Mapa de peligro de inundación.

En el municipio de Mazatlán las zonas más propensas a las inundaciones se encuentran cerca de la costa sur, coincidiendo con los depósitos palustres y el impacto de los ciclones o huracanes. La zona urbana, además de estar en baja altitud, exacerba la posibilidad de inundación por el proceso propio de desarrollo urbano. Así mismo, la zona norte del municipio, que cuenta con áreas marginales propensas a inundación.

En el cuadro 56 se presentan la superficie y el grado de peligro de inundación al que se encuentra relacionado. Si bien a simple vista el 70 % de la superficie del municipio de Mazatlán cae en la categoría de peligro nulo, el 3.13 % de la superficie tiene peligro muy alto y es donde se ubica la ciudad de Mazatlán, con el número de asentamiento humano más grande del municipio.

Cuadro 56.- Superficie según el grado de peligro

GRADO DE PELIGRO	SUPERFICIE (ha)
Muy alto	7741.89
Alto	40529.86
Medio	10862.75
Bajo	47.86
Nulo	187415.57
Total	246597.93

## 5.2.- Análisis morfométrico de las subcuencas del municipio de Mazatlán.

Las características morfológicas de una cuenca actúan profundamente en el comportamiento hidrológico de una zona tanto a nivel de las perturbaciones como de las respuestas de la cuenca, vistas como un sistema ya que un factor aislado no define el comportamiento de la cuenca sino la interacción de varios parámetros.

Ciertas propiedades físicas de las cuencas, como son la forma, el tamaño y la pendiente pueden modificar comportamiento del caudal escurrido en las crecidas, por lo que resultan muy importantes para evaluar la respuesta de la cuenca ya que estos factores pueden tanto atenuar como intensificar las crecidas (González, A. 2004).

Los parámetros morfométricos analizados fueron los más generales: índice de forma según Horton, índice de compacidad similar a lo propuesto por Gravelius y el tiempo de concentración Este análisis morfométrico de las subcuencas del municipio de Mazatlán ofrece fundamentalmente una medida de interpretación que permite la comparación de la respuesta de las seis subcuencas ante los fenómenos que suceden en éstas. En el Cuadro 57 se presentan los resultados obtenidos del análisis morfométrico de las cuencas.

Cuadro 57.- Características morfométricas de las cuencas del municipio de Mazatlán

Clave compuesta y Nombre de las subcuencas	(AC) km <sup>2</sup>	(P) (Km)	(Lcp) (Km)	(i)	(Rf) (Horton)	(Cc)	TC (Hr)
RH11Da R.Presidio	1,660.11	269.81	131,767	1.207%	0.09561	1.8674	7.4
RH11Df Mazatlán	327.81	93.34	42,993	0.43%	0.17735	1.4538	2.1
RH10Aa R.Piactla	5,463.98	712.34	307,495	0.903 %	0.05779	2.7176	12.7
RH10Af R.Quelite	1,199.09	229.89	86,200	0.475 %	0.1613753	1.8722	3.7
R.H11Dg Camainera	743.62	134.7	53,488	0.048%	0.25992	1.3930	1.1
R.11HDb R. Ventana	2207.4	273.5	115367	2.271%	0.16585	1.6443	8.5

Ac = Área de Cuenca (km<sup>2</sup>); Lcp = Longitud de cauce principal (km) ;Índice de forma (Rf) (Índice de Horton); Cc= Coeficiente de compacidad;Tc = Tiempo de concentración (hr);i = pendiente de cauce principal (%)

La subcuenca CamaineraRH11Dg.

Tiene de acuerdo a los criterios un nivel un peligro muy alto ante una crecida ya que el tiempo de concentración es más corto (1.1 h), por su forma sería de una peligrosidad media, sin embargo es su pequeño tamaño lo que la convierte en la subcuenca más peligrosa de las seis.

*La subcuenca Mazatlán RH11Df*

Similar a la anterior, y al ser las más pequeña de las seis subcuencas, su tiempo de concentración se reduce a 2.1 horas, aunque por su forma podría no parecer demasiado peligrosa, o bien alcanzar solo un valor mediano, sus características morfológicas le determinan una respuesta rápida a la generación de caudal lo que la incluye entre las tres más peligrosas.

*La subcuenca R. Quelite RH10Af*

En lo respecto al tiempo de concentración de la subcuenca R. Quelite, su tiempo de concentración es 3.7 h por lo que presenta un peligro muy alto de crecidas. Su forma es más bien alargada según lo indican su coeficiente de compacidad i el indicador de Horton, pero su cauce principal apenas alcanza poco más de 86 km lo que representa una rápida respuesta con el consiguiente peligro.

*La subcuenca R. PresidioRH11Da*

Esta subcuenca por su tiempo de concentración (7.4h), presenta un peligro alto, no así su forma que es más bien alargada, sin embargo cuenta con una pendiente media superior al 1.2%.

*La subcuenca R. Ventana RH11HDb*

Es la subcuenca con la mayor pendiente media (2.27%) lo que a pesar de su gran extensión, mas de 2,207 km<sup>2</sup>, y forma alargada le caracteriza un tiempo de concentración de 8.5 horas.

*La subcuenca R. Piaxtla RH10Aa*

Esta es la subcuenca que tiene el tiempo de concentración más largo (12.7 horas) debido a su gran extensión, y forma alargada ubicándola como una subcuenca de peligrosidad media.

Se puede concluir que el tiempo de concentración de las subcuencas y el tamaño influyen más en el grado peligro de inundación.

Cabe resaltar que las cuencas de alta pendiente suelen tener bajos índices de infiltración por tanto poseen tiempos de concentración muy cortos de mayores volúmenes, razón por la cual las precipitaciones intensas pueden dar lugar a crecidas instantáneas como resultado de la gran cantidad de agua disponible para flujos superficiales.

Se puede observar que las subcuencas con mayor pendiente son Rio Ventana con una pendiente de 2.271%, Rio Presidio de 1.207%. y Rio Piaxtla de 0.903 %, sin embargo no tienen tiempos de concentración más cortos, por el contrario las que tienen pendientes menores tuvieron tiempos de concentración más cortos como R. Quelite, Mazatlán y Camainera lo que permite concluir además que en este caso las pendientes de las subcuencas no influyen mucho .en el peligro de inundación sino la combinación de varios parámetros como son: las áreas, perímetros, longitud de los corrientes principales de las subcuencas, ninguno de los parámetros están aislado uno del otro.

### 5.3.- Evaluación de vulnerabilidad global

#### 5.3.1.- Evaluación de la vulnerabilidad social

##### 5.3.1.1.- Asignación de valores y generación de mapas de los indicadores

La información de los indicadores utilizados para medir la vulnerabilidad social la mayoría proviene de los censos y conteos de población y de vivienda del (INEGI, 2010) Estos indicadores se enfocaron, principalmente, a la identificación de las condiciones socio demográficas que inciden e incluso acentúan los efectos de un desastre y que pueden ser consideradas como vulnerables a su impacto.

La vulnerabilidad social es una condición estrechamente ligada a las capacidades de desarrollo de la población de una comunidad o municipio ya que el desarrollo de los individuos depende principalmente de su acceso a los bienes y servicios básicos, de la oportunidad de acceder a la educación, así como de recibir asistencia médica; los cuales son, entre otros, los elementos constitutivos del desarrollo (CENAPRED, 2006).

## VARIABLE POBLACIÓN

### La población total

La población del municipio de Mazatlán está conformada por el total de habitantes que residen en esta área, y que fueron contados en un momento dado. Este es un indicador descriptivo, ofrece información acerca de la composición demográfica del área de estudio. La cantidad de personas potencialmente expuestas es un dato de mucha utilidad al momento de planificar la acción en la emergencia y las políticas preventivas (Barrenechea, 2003).

Según el Censo de Población y Vivienda 2010, en el municipio de Mazatlán se contó con una población total de 438,434 habitantes (INEGI, 2010), su cabecera municipal, la ciudad de Mazatlán, representó 87,03 % de la población total, lo que la posiciona como la localidad más importante demográficamente hablando, dado que se establece una notable dinámica de concentración de población, tanto por crecimiento natural como por migración. Esto, a su vez implica la expansión de la mancha urbana, que frente a un riesgo de inundación y en términos de número de habitantes, la zona urbana es la más vulnerable. A continuación se muestra el nivel de vulnerabilidad de las localidades, en función del número de habitantes por localidad (Cuadro 58 y Figura 32).

Cuadro 58.- Grado de vulnerabilidad de las localidades por el número población.

GRADO DE VULNERABILIDAD	LOCALIDADES	POBLACIÓN TOTAL	CALIFICACIÓN
MUY BAJO	355	19703	0.2
BAJO	10	17462	0.4
MEDIO	1	6282	0.6
ALTO	1	13404	0.8
MUY ALTO	1	381583	1
<b>TOTAL</b>	<b>368</b>	<b>438434</b>	

En la figura 32 se muestran los diferentes niveles de vulnerabilidad del indicador población total en función de número de habitantes por localidad. Se identificó a la ciudad de Mazatlán con una vulnerabilidad muy alta, a Villa Unión; con vulnerabilidad alta y vulnerabilidad media a Fracc. Los Ángeles; 10 localidades de vulnerabilidad baja y el resto corresponden a vulnerabilidad muy baja, que a pesar de agrupar 355 localidades sólo representan el 4.49 % de la población total del municipio.

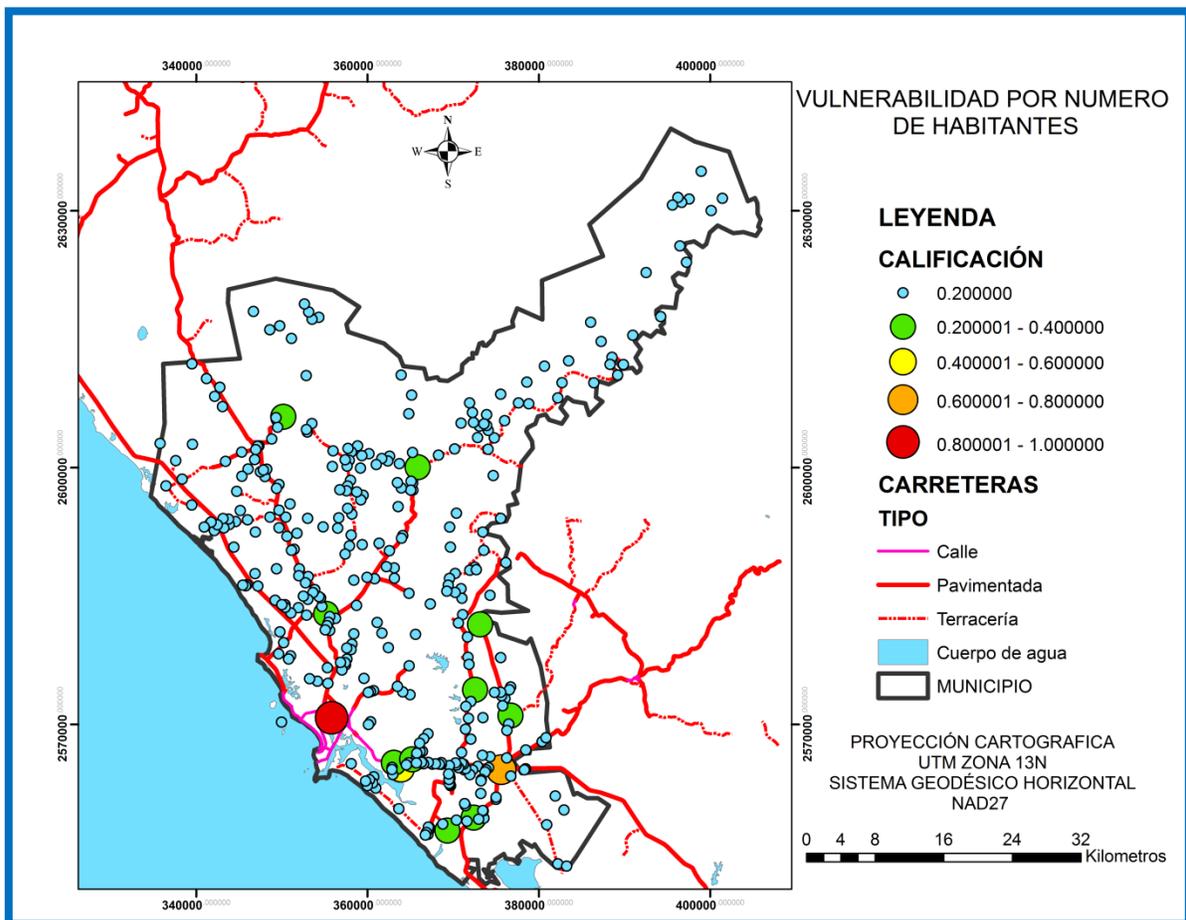


Figura 32.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades por su población total

## Población menor de 12 años

La protección y salvaguarda de los menores de edad incluidos en los eventos naturales, es una respuesta socialmente aceptada para asegurar el renuevo generacional. Conocer la población menor de 12 años frente a la amenaza de inundación, permite ubicar las localidades con mayor población con habitantes de menor edad, y por ende con mayor vulnerabilidad (Cuadro 59).

Cuadro 59.- Grado del vulnerabilidad de las localidades según la población menor de 12 años.

GRADO DE VULNERABILIDAD	LOCALIDADES	POBLACIÓN MENOR DE 12 AÑOS	CALIFICACIÓN
NO DETERMINADO	218	-9999	-9999
NULO	8	0	0
MUY BAJO	116	2366	0.2
BAJO	19	3215	0.4
MEDIO	4	2620	0.6
ALTO	2	4891	0.8
MUY ALTO	1	80882	1
<b>TOTAL</b>	<b>368</b>	<b>93974</b>	

-9999 es no determinada por falta de datos

En la Figura 33 y se identifican las localidades con sus respectivos grados de vulnerabilidad en función de número de habitantes menores de 12 años. De las 368 localidades, 218 no tiene información disponible y 8 en las que no hay menores en este rango de edad; lo que arroja un total de 93,974 menores distribuidos en 142 localidades en el municipio. De estas localidades Mazatlán tiene 80,882 niños lo que la coloca con la vulnerabilidad más alta; le siguen las localidades con vulnerabilidad alta: Villa Unión y el Fraccionamiento Los Ángeles; cuatro localidades de vulnerabilidad media que suman 2,620 niños: El Walamo, Barrían, Roble y Castillo.

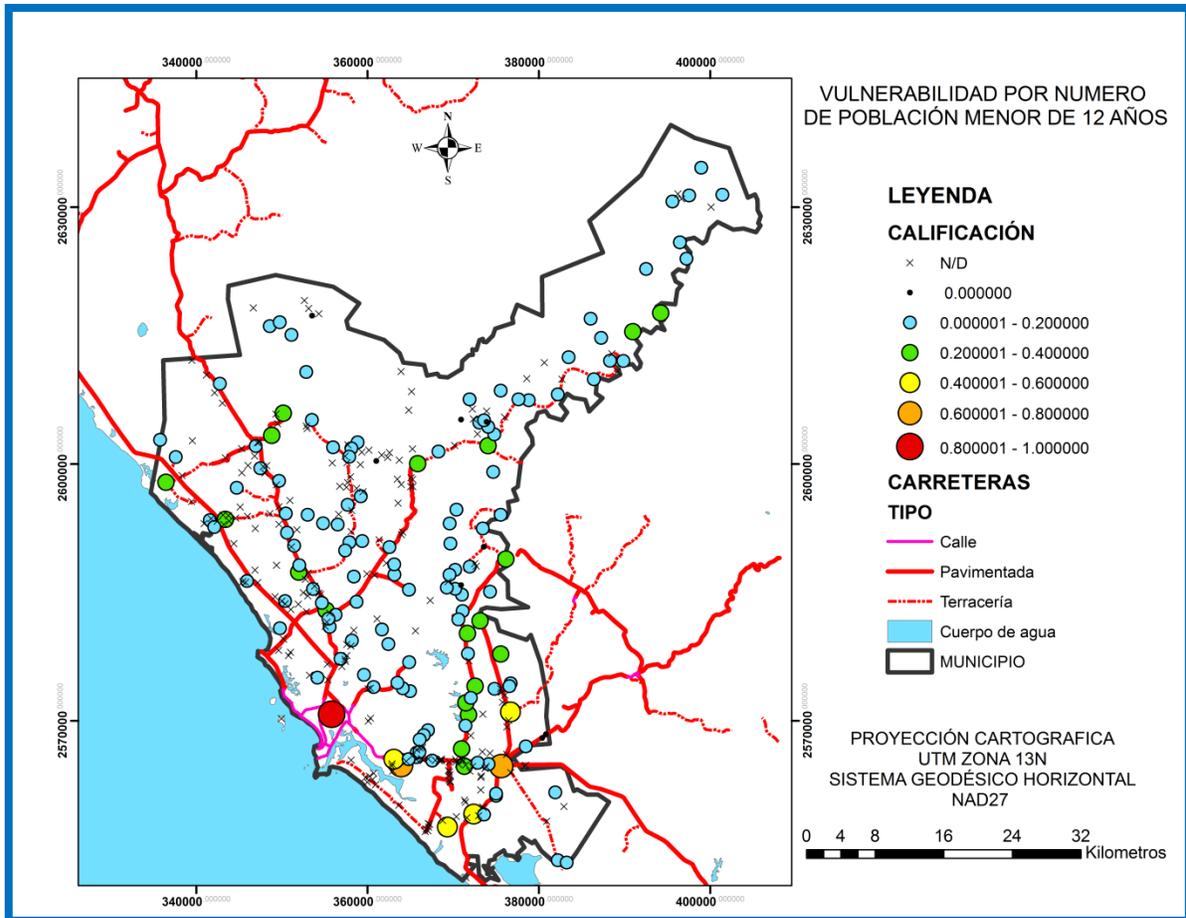


Figura 33.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades por número de población menor de 12 años.

### Población de 65 años y más

La población de 65 años y más constituye un indicador muy importante dado que la disposición física y de salud en este rango de edad es menor, lo que los coloca como personas muy vulnerables frente a los desastres naturales, debido a su dificultad de moverse y otras limitaciones. Esta situación puede incrementar el número de pérdidas de vidas humanas y problemas de salud.

Cuadro 60.- Grado de vulnerabilidad de las localidades, según la población de 65 años y más.

GRADO DE VULNERABILIDAD	LOCALIDADES	POBLACIÓN DE 65 AÑOS Y MÁS	CALIFICACIÓN
NO DETERMINADO	218	-9999	-9999
NULO	22	0	0
MUY BAJO	107	1058	0.2
BAJO	16	1407	0.4
MEDIO	3	790	0.6
ALTO	1	999	0.8
MUY ALTO	1	23135	1
<b>TOTAL</b>	368	27389	

-9999 es no determinada por falta de datos

El municipio de Mazatlán contó en 2010 un total de 27,389 adultos mayores de 65 años que representa el 6.24 % de la población total, misma que se concentra en las localidades de Mazatlán y Villa Unión, las cuales, bajo este indicador se ubican con vulnerabilidad social muy alta y alta respectivamente; y si se considera el total municipal como el 100% estas dos localidades representan el 88% de este rango de población.

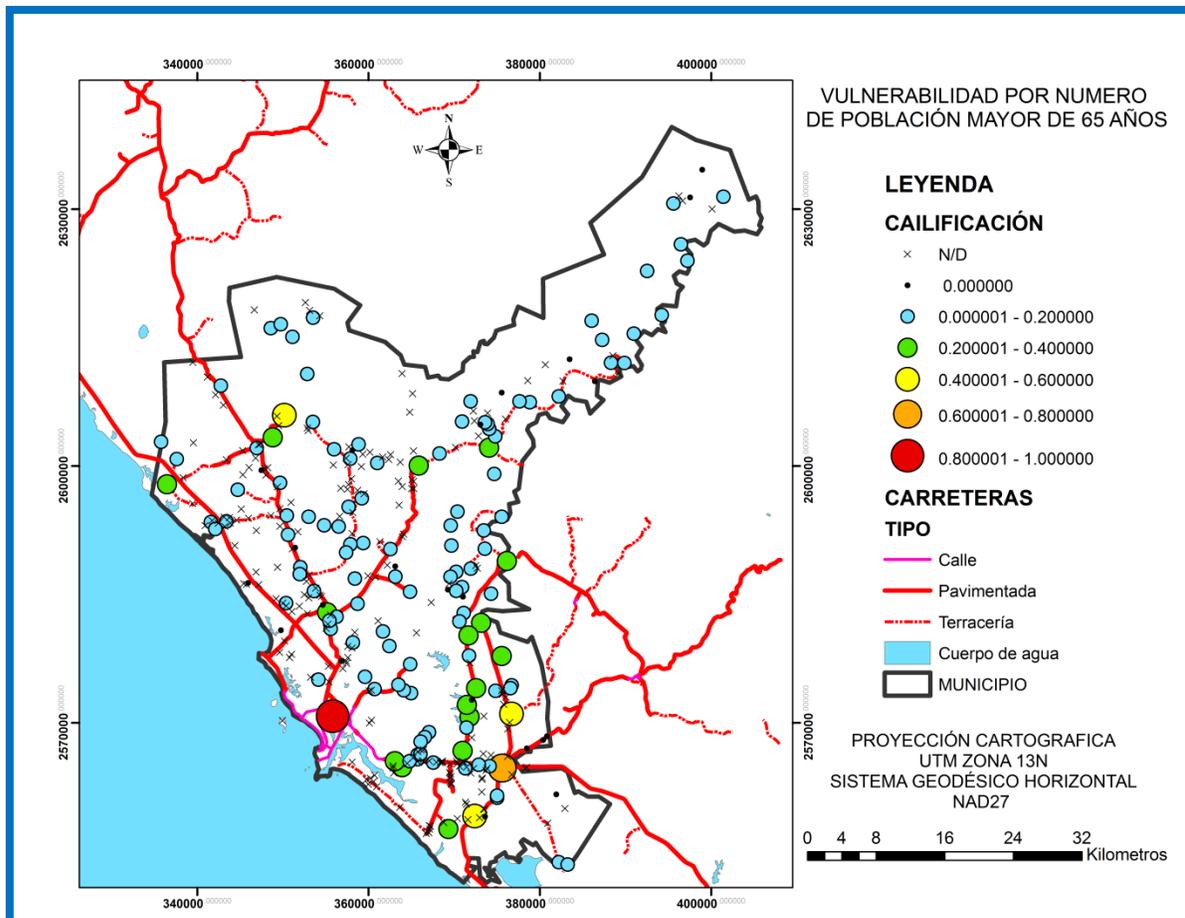


Figura 34.- Mapa de vulnerabilidad de localidades por habitantes de 65 años y más.

### Densidad poblacional

Este indicador se mide en la relación de habitantes por kilómetro cuadrado; para los fines de este estudio sirve para identificar concentración o dispersión de personas en el territorio frente a la posibilidad de ocurrencia de eventos peligrosos. En este caso, la relación es directa: a mayor densidad, mayor vulnerabilidad. Así mismo, según Barrenechea *et al.* (2003), en épocas de menor riesgo de inundación, una alta densidad poblacional se vincula con la aparición de conflictos relacionados con el uso de recursos que soportan la prestación de servicios e infraestructura urbana. Por lo que durante emergencias por inundaciones, se presentan más complicaciones para implementar acciones de respuesta: mitigaciones, evacuación, resguardo de bienes, cantidad de centros a

habilitar y vehículos a disponer, etc. En el Cuadro 61 se muestra la densidad poblacional del estado de Sinaloa, del municipio de Mazatlán y de la ciudad de Mazatlán, respectivamente.

Cuadro 61.- Densidad de población en el estado, municipio, y ciudad de Mazatlán.

LOCALIDAD	SUPERFICIE EN Km <sup>2</sup>	POBLACION TOTAL	DENSIDAD POBLACIONAL
Sinaloa	57 365	2767761	48.24 hab/km <sup>2</sup>
Municipio de Mazatlán	3,068.48	438 434	142 hab/km <sup>2</sup>
Ciudad de Mazatlán	61.55	381583	6199.5 hab/km <sup>2</sup>

Si se considera que la densidad poblacional promedio a nivel mundial oscila entre 47 y 50 hab/km<sup>2</sup>, el estado de Sinaloa se encuentra en ese umbral, no así el municipio de Mazatlán y aún menos la ciudad de Mazatlán. Ésta última debe ser considerada como altamente vulnerable por la densidad poblacional; a la que hay que sumar que al ser destino turístico, en periodos definidos del año la densidad aumenta con la población flotante.

#### Crecimiento poblacional

El crecimiento de una población se mide a partir del crecimiento natural (nacimientos y defunciones) y el crecimiento social (migración total que resulta de la relación inmigración-emigración, que finalmente se resume en población total.

De acuerdo a Barrenechea *et al.* (2003), este es útil no sólo como indicador de la dinámica demográfica, sino también como indicador de la tendencia futura en cuanto al crecimiento o de la disminución de la población.

El crecimiento poblacional de Mazatlán, al igual que la del país va en aumento; en 1990 había 314, 345 habitantes y veinte años después, en 2010 se incrementó a 438, 434 habitantes, lo que representa un 25% más. Aunado al crecimiento poblacional es notoria la concentración de la población en las zonas urbanas por el desplazamiento desde las zonas rurales. La (Figura 35) demuestra un crecimiento de la población en general del municipio de Mazatlán.

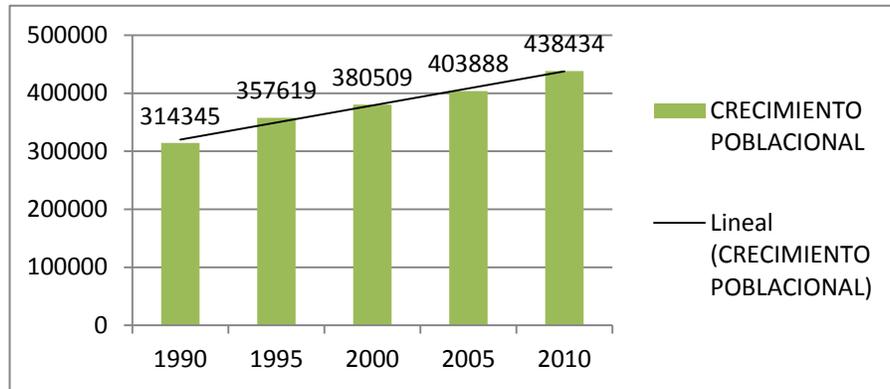


Figura 35.- Gráfica de crecimiento poblacional

## VARIABLE VIVIENDA

### Total de viviendas habitadas

La vivienda constituye uno de los sectores que recibe mayores afectaciones en relación con los desastres de origen natural. Cuando el estado de una vivienda es precario, el número y la intensidad de los factores de riesgo que se presentan por diversos fenómenos resultan elevados y las amenazas a la salud de sus habitantes se incrementan también (CENAPRED, 2006).

La vulnerabilidad estimada para las localidades según el total de viviendas se muestra en el cuadro 62 y en la figura 36.

Cuadro 62.- Grado de vulnerabilidad de las localidades según el número de viviendas habitadas.

GRADO DE VULNERABILIDAD	LOCALIDADES	TOTAL DE VIVIENDAS HABITADAS	CALIFICACIÓN
MUY BAJO	346	3521	0.2
BAJO	17	4695	0.4
MEDIO	3	3360	0.6
ALTO	1	3449	0.8
MUY ALTO	1	107393	1
<b>TOTAL</b>	<b>368</b>	<b>122418</b>	

Es importante señalar que de los indicadores seleccionados para la variable vivienda solamente número de viviendas habitadas reflejan el total de las 368 localidades del municipio, en cambio de los siguientes indicadores, servicios públicos y acceso a medios de comunicación solo se cuenta con información 150 localidades ya que en 218 no se reportó información. Cabe señalar que la información de las 150 localidades representan el 40.76 % del municipio; del resto no se tiene información disponible, lo que no permite conocer con más precisión la dinámica particular de estos indicadores.

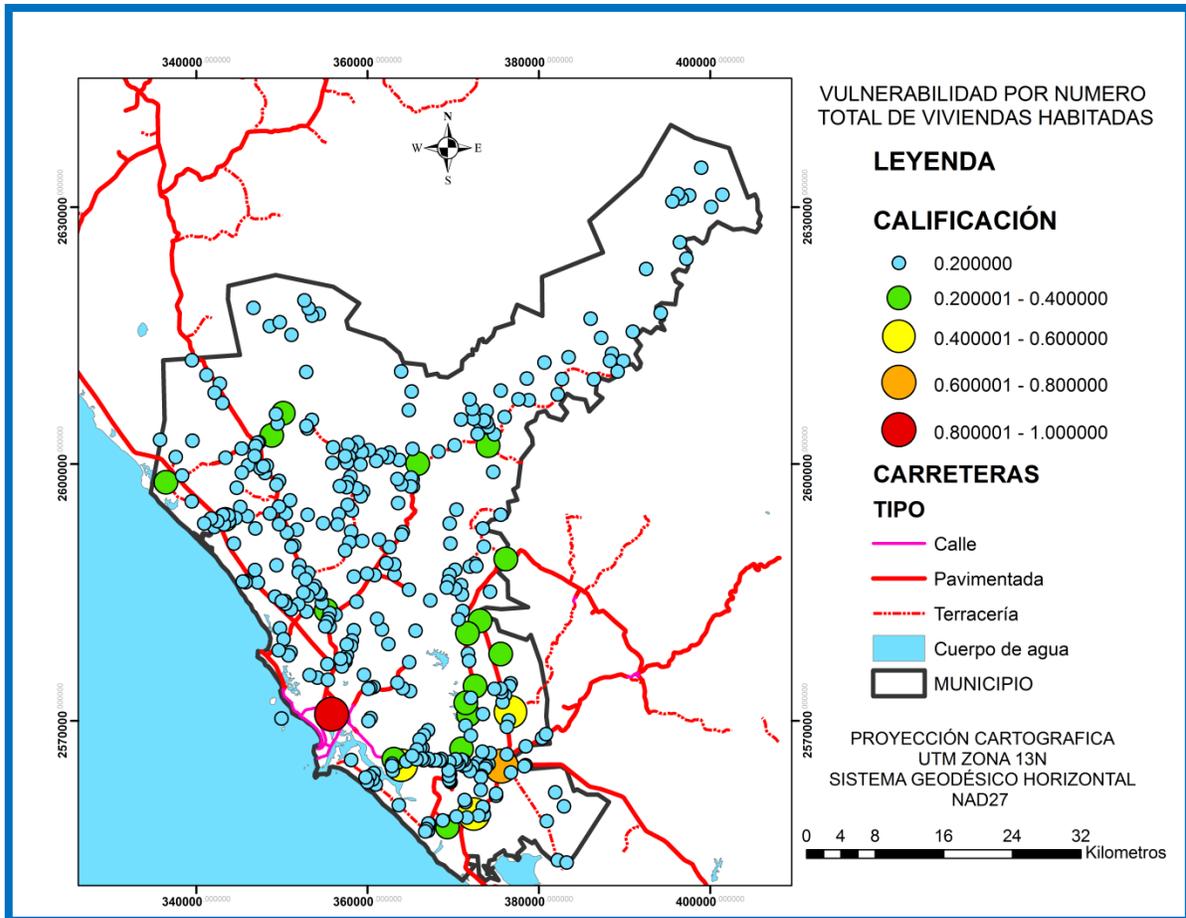


Figura 36.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades por número de viviendas habitadas

### Porcentaje de viviendas con piso de tierra

Las viviendas con piso de tierra aumentan la vulnerabilidad de sus habitantes frente a desastres naturales, ya que el riesgo de contraer enfermedades es mayor; además que su resistencia frente a ciertos fenómenos meteorológicos es menor que otro tipo de construcciones. (CENAPRED, 2006). Los resultados obtenidos en la estimación de vulnerabilidad se muestran en el cuadro 63 y en la figura 37.

Cuadro 63.- Grado de vulnerabilidad de las localidades según el porcentaje de viviendas particulares habitadas con piso de tierra.

GRADO DE VULNERABILIDAD	LOCALIDADES	VIVIENDAS CON PISO DE TIERRA	CALIFICACIÓN
NO DETERMINADO	218	-9999	-9999
NULO	55	0	0
MUY BAJO	23	3847	0.2
BAJO	33	386	0.4
MEDIO	20	84	0.6
ALTO	15	28	0.8
MUY ALTO	4	10	1
<b>TOTAL</b>	<b>368</b>	<b>4355</b>	

-9999 es no determinada por falta de datos

De las 368 localidades censadas en el 2010, 218 no tienen información disponible y en 55 no hay viviendas con piso de tierra. El total de 4,355 viviendas representa el 3.55 % de viviendas existentes en 94 localidades del municipio de Mazatlán.

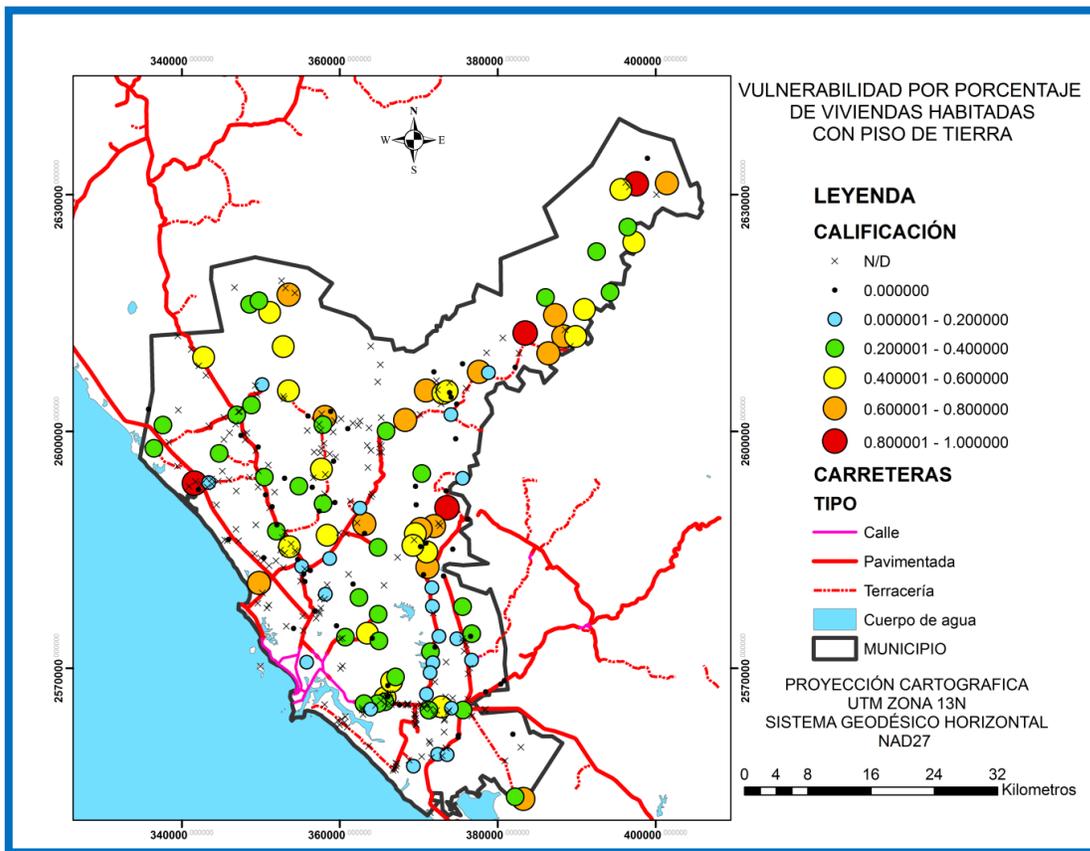


Figura 37.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades por el porcentaje de viviendas con piso de tierra

### Porcentaje de Viviendas sin servicios públicos

Las viviendas que no cuentan con servicios públicos reflejan una aproximación de la población que no cuentan con los satisfactores de necesidades básicas y de saneamiento lo cual incide directamente tanto en la comodidad, como en condiciones de salud. Para este indicador se consideró el total de viviendas sin electricidad, sin drenaje y sin agua entubada.

### Porcentaje de viviendas sin servicio de electricidad

La falta de energía eléctrica aumenta la vulnerabilidad de las personas frente a los desastres naturales, ya que el no contar con este servicio excluye a la población de formas de comunicación, así mismo la capacidad de respuesta se puede retrasar (CENAPRED, 2006).

La vulnerabilidad estimada para las localidades del municipio de Mazatlán con este indicador se muestra en el cuadro 64 y en la figura 38.

Cuadro 64.- Grado de vulnerabilidad según el porcentaje de viviendas habitadas sin electricidad.

GRADO DE VULNERABILIDAD	LOCALIDADES	VIVIENDAS SIN ELECTRICIDAD	CALIFICACIÓN
NO DETERMINADO	218	-9999	-9999
NULO	95	0	0
MUY BAJO	44	554	0.2
BAJO	1	1	0.4
MEDIO	2	5	0.6
ALTO	0	0	0.8
MUY ALTO	8	55	1
<b>TOTAL</b>	<b>368</b>	<b>615</b>	

-9999 es no determinada por falta de datos

Como ya se indicó, el municipio de Mazatlán contó en 2010 un total de 122, 418 viviendas particulares habitadas, de las cuales sólo 615 no tienen servicio de

electricidad al interior del mismo. Esta cifra representa el 0.50 % del total del municipio, lo que podría expresar que la cobertura de este servicio es alta y por lo tanto la vulnerabilidad en términos generales es baja.

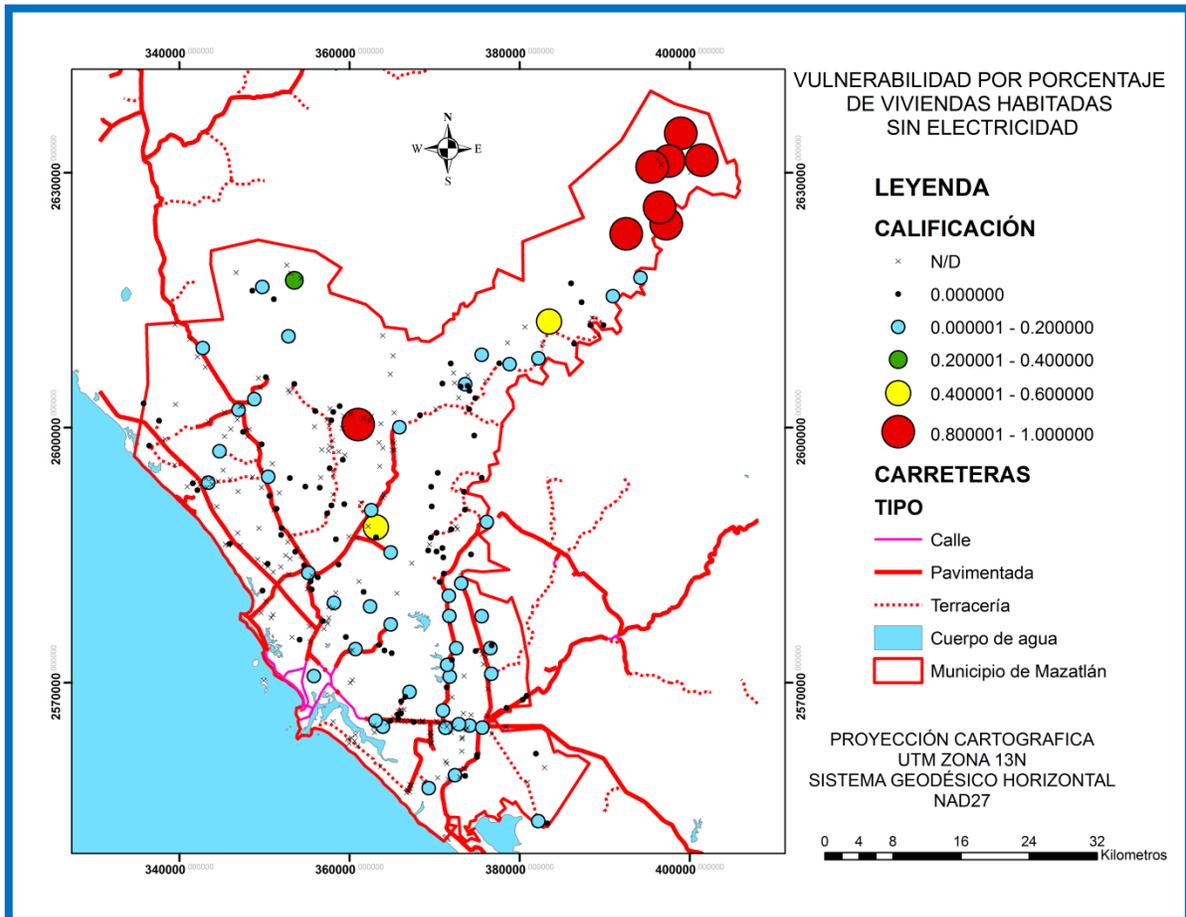


Figura 38.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades según el porcentaje de viviendas sin electricidad

#### Porcentaje de viviendas sin servicio de drenaje

La carencia de drenaje en una vivienda puede llegar a aumentar su vulnerabilidad frente a enfermedades; sin embargo, esto en una situación de desastre aumenta considerablemente los riesgos de morbilidad-mortalidad principalmente asociados a padecimientos gastrointestinales, dermatológicos y respiratorios que de no ser atendidos oportunamente pueden derivar en situaciones epidémicas (CENAPRED, 2006). En el municipio de Mazatlán de acuerdo a los datos de Censo de Población y Vivienda 2010, 3217 viviendas habitadas no tienen servicio de drenaje, lo que

representa 2.62 % de las viviendas totales habitadas. Los datos de vulnerabilidad se muestran en el cuadro 65 y en la figura 39 donde se determinan las localidades con sus respectivos grados de vulnerabilidad en relación al servicio de drenaje. Cabe señalar que en 41 localidades se cuenta con drenaje y en el caso de viviendas sin agua entubada representan el 4.05 %.

Cuadro 65.- Grado de vulnerabilidad de las localidades según el porcentaje de viviendas sin drenaje.

GRADO DE VULNERABILIDAD	LOCALIDADES	VIVIENDAS SIN DRENAJE	CALIFICACIÓN
NO DETERMINADO	218	-9999	-9999
NULO	41	0	0
MUY BAJO	40	2727	0.2
BAJO	38	249	0.4
MEDIO	17	139	0.6
ALTO	3	59	0.8
MUY ALTO	8	43	1
<b>TOTAL</b>	<b>368</b>	<b>3217</b>	

-9999 es no determinada por falta de datos

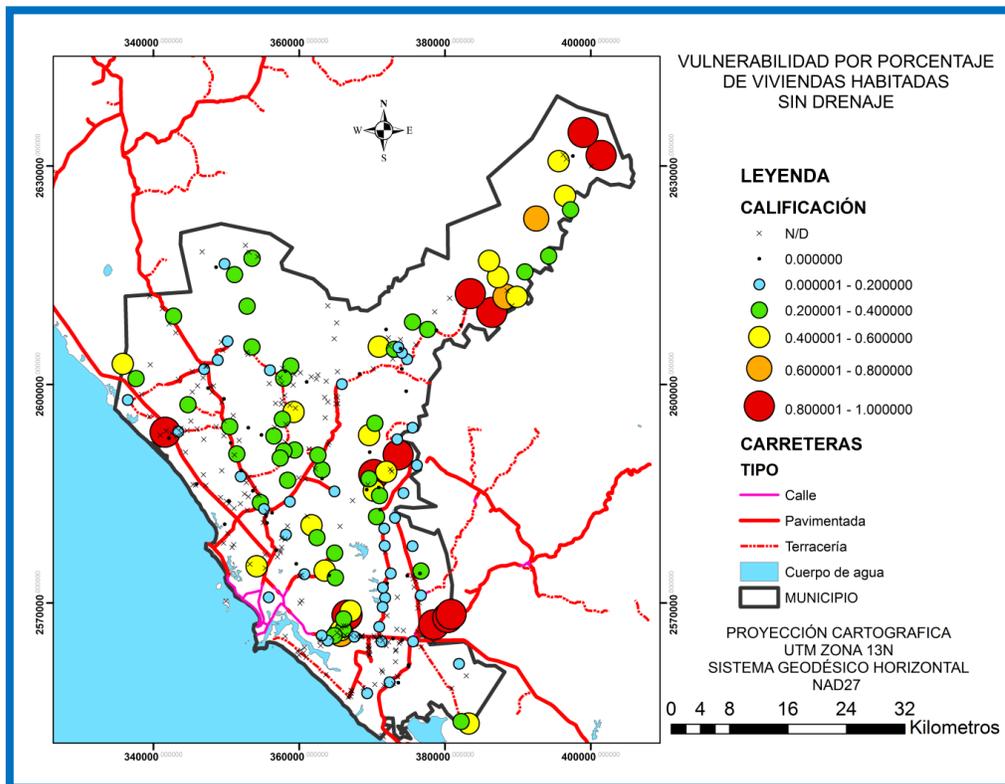


Figura 39.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades según el porcentaje de viviendas sin drenaje.

### Porcentaje de vivienda sin agua entubada

La falta de agua entubada frente a los desastres puede llegar a retrasar algunas labores de atención y saneamiento, ya que dotar de agua para consumo humano que cumpla con las mínimas medidas de salubridad toma tiempo y regularmente la obtención y el almacenamiento de agua en viviendas se lleva a cabo de manera insalubre. Es de vital importancia considerar el sistema de distribución de agua en las localidades debido a que en casos de desastre se debe restablecer este servicio con la mayor prontitud con la finalidad de evitar enfermedades entre la población. Los resultados de la estimación de la vulnerabilidad de las localidades se muestran en el cuadro 66 y en la figura 40.

Cuadro 66.- Grado de vulnerabilidad de las localidades según el porcentaje de viviendas sin agua entubada.

<b>GRADO DE VULNERABILIDAD</b>	<b>LOCALIDADES</b>	<b>VIVIENDAS SIN AGUA ENTUBADA</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>
NO DETERMINADO	218	-9999	-9999
NULO	28	0	0
MUY BAJO	51	4252	0.2
BAJO	16	362	0.4
MEDIO	15	69	0.6
ALTO	4	74	0.8
MUY ALTO	36	213	1
<b>TOTAL</b>	<b>368</b>	<b>4970</b>	

-9999 es no determinada por falta de datos

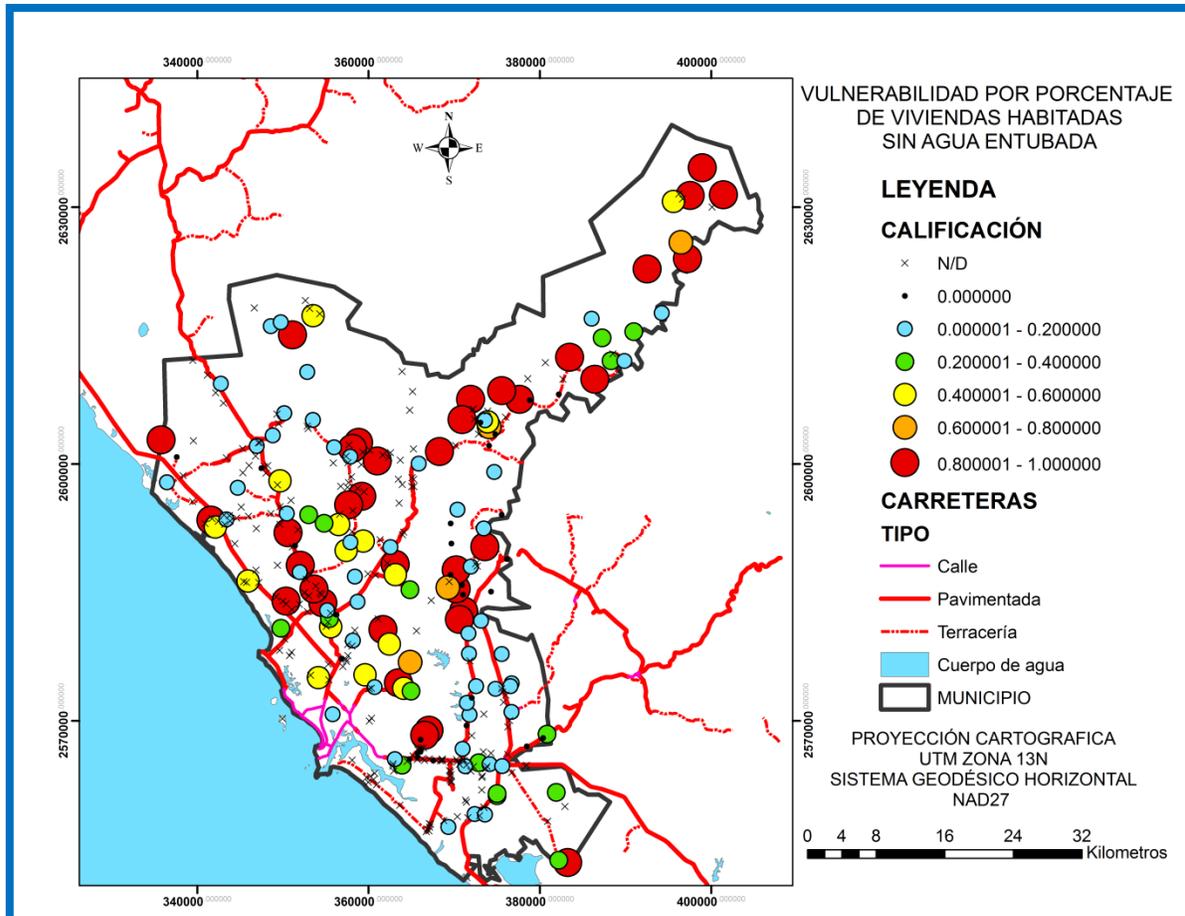


Figura 40.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades según el porcentaje de viviendas sin agua entubada

## VARIABLE ACCESO A MEDIOS DE COMUNICACIÓN

La población que tiene acceso a medios de comunicación, frente un desastre natural, serán menos vulnerable debido a que tienen mayor posibilidad de acceder a la información de la evolución de los eventos.

### Porcentaje de viviendas con acceso a radio

Este medio de comunicación no ha sido desplazado del todo por la televisión y por la internet, debido a su accesibilidad y eficiencia, sobre todo en desastres naturales, es el medio que prevalece. Los resultados obtenidos de la estimación de la vulnerabilidad de las localidades debido al porcentaje de viviendas con acceso a radio se muestran en el cuadro 67 y en la figura 41. Además en

condiciones de desastre, se convierte en el mejor medio de comunicación de la autoridad con la población reduciendo la vulnerabilidad de esta por falta de información significativamente, internacionalmente se considera como sistema de alertamiento temprano y como sistema de información efectiva de orientación a la ciudadanía en caso de desastre.

El acceso de viviendas con radio muestra una acentuación en la vulnerabilidad media.

Cuadro 67.- Grado de vulnerabilidad debido al porcentaje de viviendas con acceso a radio

GRADO DE VULNERABILIDAD	LOCALIDADES	VIVIENDAS CON RADIO	CALIFICACIÓN
NO DETERMINADO	218	-9999	-9999
NULO	16	59	0
MUY BAJO	2	18	0.2
BAJO	78	94090	0.4
MEDIO	44	968	0.6
ALTO	3	5	0.8
MUY ALTO	7	0	1
<b>TOTAL</b>	<b>368</b>	<b>95140</b>	

-9999 es no determinada por falta de datos

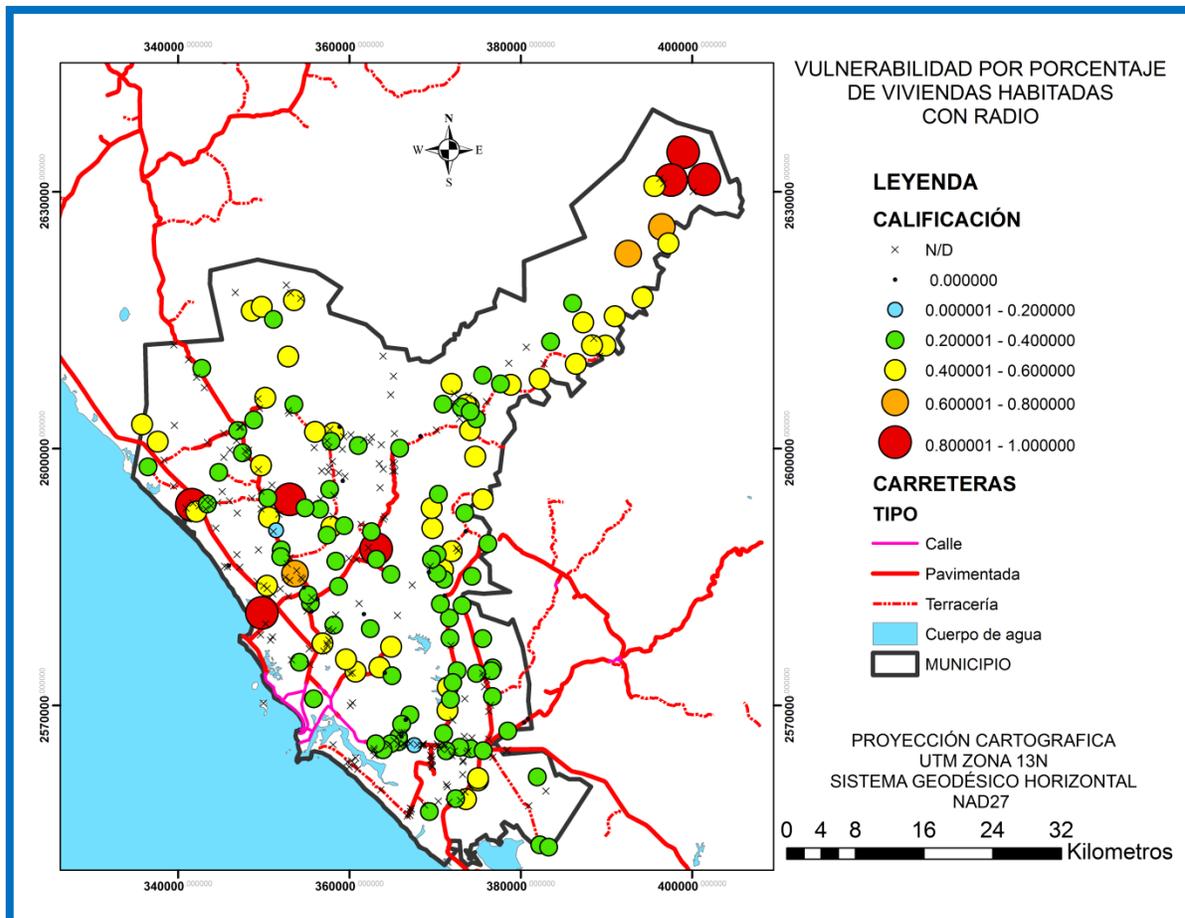


Figura 41.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades por el porcentaje de viviendas con radio

#### Porcentaje de viviendas con acceso a televisión

La cobertura y la disponibilidad por fotoceldas del servicio eléctrico, favorece la disponibilidad de televisión en las viviendas. En el municipio de Mazatlán esta cobertura es alta, el 96.58 % de las viviendas cuentan con televisión. Los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad de las localidades por viviendas con acceso a televisión se indican en el cuadro 68 y en la figura 42.

Con el análisis de este indicador se puede considerar que la población del municipio de Mazatlán tiene acceso a la información de la cercanía y evolución de eventos meteorológicos importantes que pueden derivarse en inundaciones

Cuadro 68.- Grado de vulnerabilidad según el porcentaje de viviendas con acceso a televisión.

GRADO DE VULNERABILIDAD	LOCALIDADES	VIVIENDAS CON TELEVISIÓN	CALIFICACIÓN
NO DETERMINADO	218	-9999	-9999
NULO	54	377	0
MUY BAJO	31	110452	0.2
BAJO	45	7357	0.4
MEDIO	8	37	0.6
ALTO	8	9	0.8
MUY ALTO	4	0	1
<b>TOTAL</b>	<b>368</b>	<b>118232</b>	

-9999 es no determinada por falta de datos

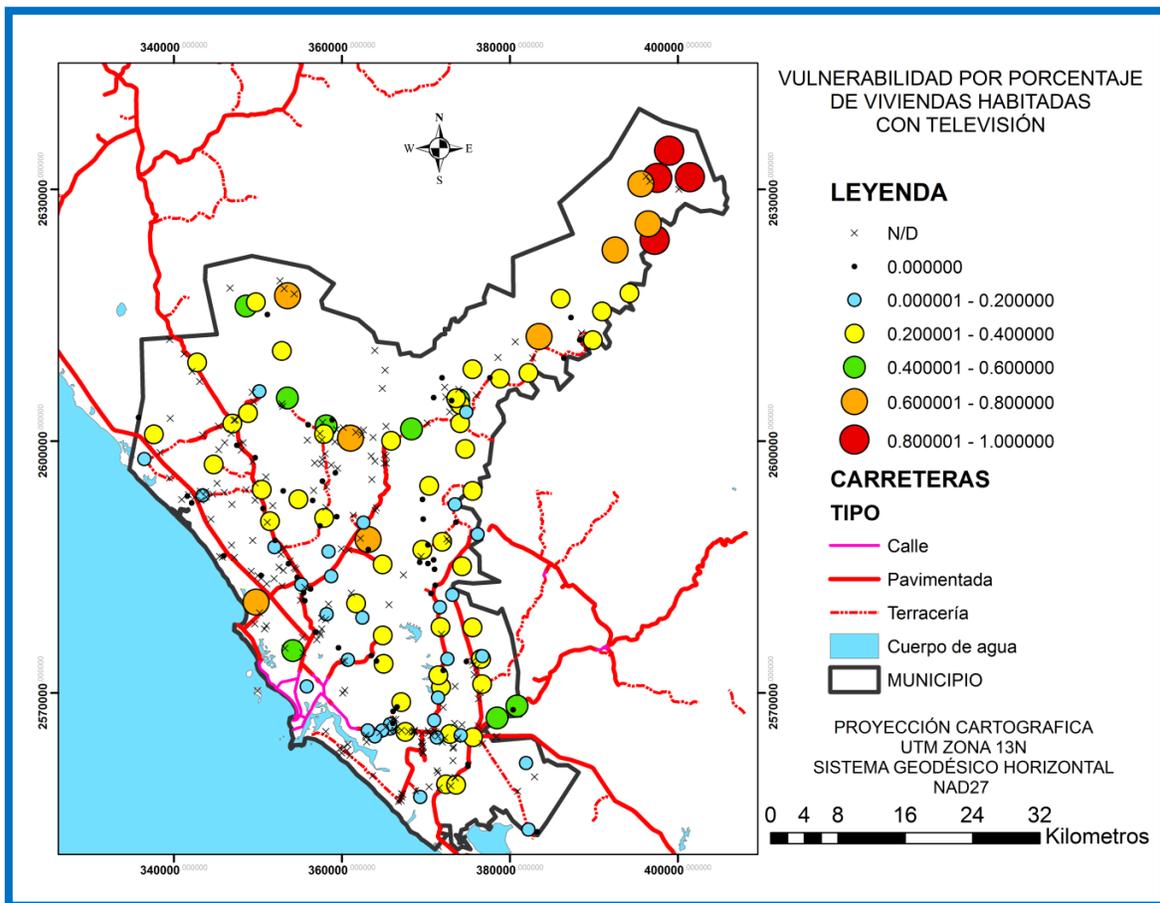


Figura 42.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades por el porcentaje de viviendas habitadas con televisión

### Porcentaje de viviendas con acceso a teléfono fijo

En esta variable se han valorado los medios de comunicación que ante un evento de inundación pudieran ser utilizados para aminorar el impacto por desconocimiento del evento; o bien, para tener en la medida de lo posible contacto con las localidades más alejadas. La radio y la televisión pueden ser utilizadas por organizaciones e instituciones para informar de forma masiva mientras que el teléfono y el internet apoyan de forma más personal. El resultado de la estimación de la vulnerabilidad relacionada con este indicador se muestra en el cuadro 69 y en la figura 43.

Cuadro 69.- Estandarización de viviendas con acceso teléfono fijo

GRADO DE VULNERABILIDAD	LOCALIDADES	VIVIENDAS CON TELEFONO FIJO	CALIFICACIÓN
NO DETERMINADO	218	-9999	-9999
NULO	0	0	0
MUY BAJO	20	65710	0.2
BAJO	27	1000	0.4
MEDIO	32	227	0.6
ALTO	16	73	0.8
MUY ALTO	55	0	1
<b>TOTAL</b>	<b>368</b>	<b>67010</b>	

-9999 es no determinada por falta de datos

El acceso a comunicación telefónica al interior de las viviendas en el municipio de Mazatlán es del 54.73 % de las viviendas que disponen de información.

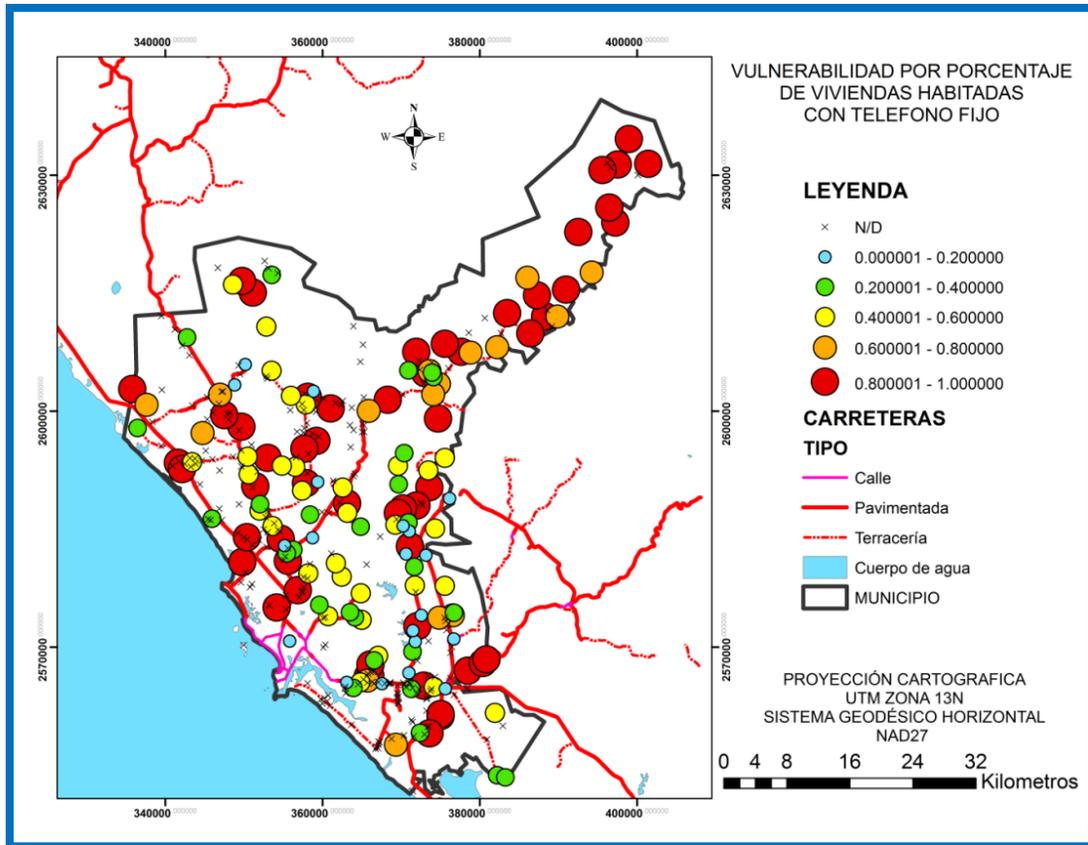


Figura 43.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades por el porcentaje de viviendas habitadas con acceso a teléfono fijo

#### Porcentaje de viviendas con acceso a internet

El servicio de internet, a diferencia de radio y televisión, se ve restringido por ser operado a través de compañías particulares asociadas al servicio de telefonía y además implica la adquisición de equipo de cómputo para su uso. De total de viviendas que tienen acceso a servicio de telefonía fija sólo el 57.38 % cuenta con servicio de internet en el municipio de Mazatlán, situación que pone por debajo el acceso a este servicio frente a televisión y radio. La vulnerabilidad de las localidades estimada con el porcentaje de viviendas con internet está en el cuadro 70 y figura 44.

Cuadro 70.- Grado de vulnerabilidad de las localidades según el porcentaje de viviendas con acceso a internet.

GRADO DE VULNERABILIDAD	LOCALIDADES	VIVIENDAS CON INTERNET	CALIFICACIÓN
NO DETERMINADO	218	-9999	-9999
NULO	0	0	0
MUY BAJO	4	37270	0.2
BAJO	7	826	0.4
MEDIO	17	334	0.6
ALTO	10	22	0.8
MUY ALTO	112	0	1
<b>TOTAL</b>	<b>368</b>	<b>38452</b>	

-9999 es no determinada por falta de datos

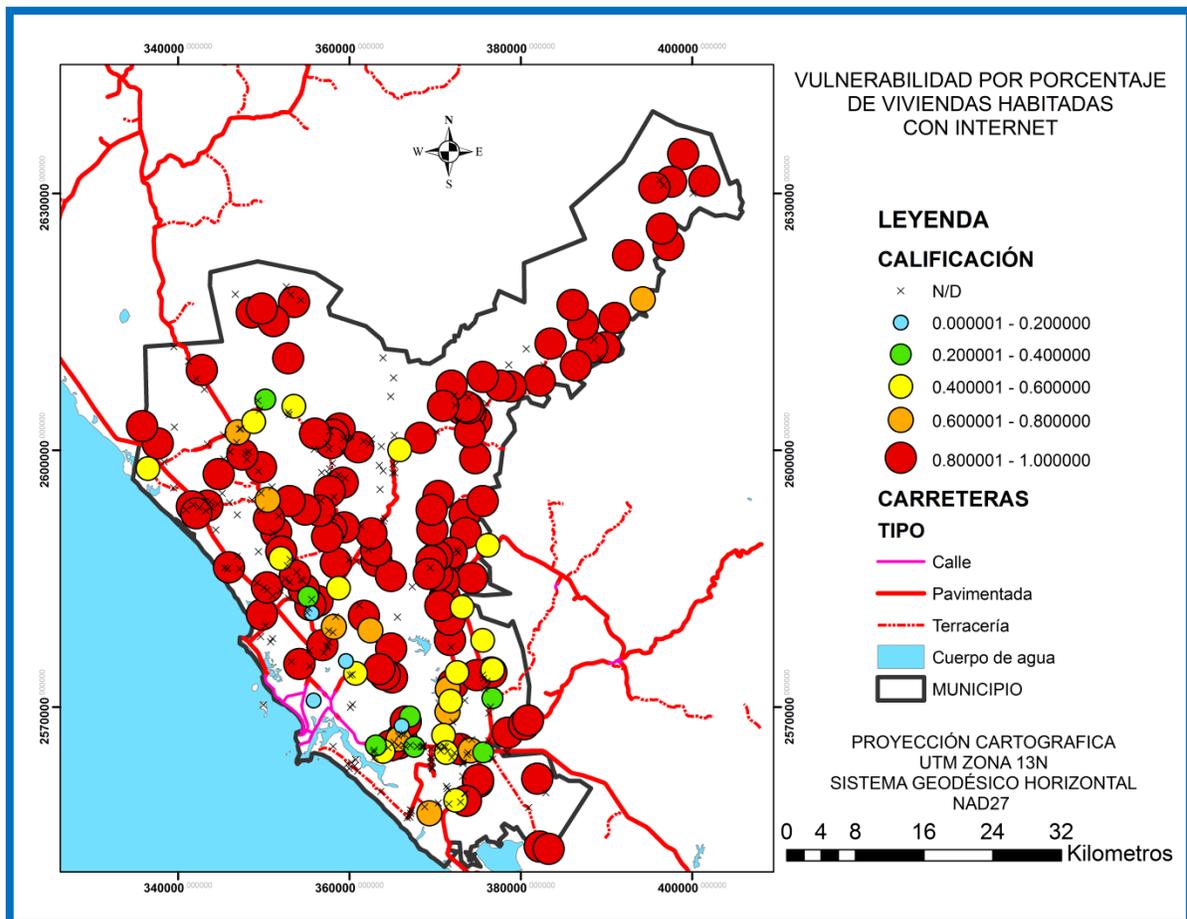


Figura 44.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades por el porcentaje de viviendas habitadas con acceso a internet

## VARIABLE EDUCACIÓN

Las características educativas de la población influirán directamente en su adopción de actitudes y conductas preventivas y de autoprotección, de igual manera, pueden mejorar sus conocimientos sobre fenómenos y riesgos. Constituye un derecho fundamental de todo individuo el tener acceso a la educación y es una herramienta que influirá en los niveles de su bienestar (CENAPRED, 2006). Para el análisis de esta variable sólo se consideraron dos indicadores; sin embargo, es importante señalar que al igual que en la variable de vivienda y acceso a medios de comunicación, el Censo de Población y Vivienda 2010 no consigna información para 218 localidades.

### Porcentaje de población analfabeta de 15 años y más

Este indicador describe el retraso en el desarrollo educativo de la población y refleja la desigualdad en el sistema educativo. La falta de educación es considerada como uno de los factores claves con respecto a la vulnerabilidad social que implica muchas limitaciones (CENAPRED, 2006). La vulnerabilidad de las localidades del municipio se muestra en el cuadro 71 y en la figura 45.

Cuadro 71.- Grado de vulnerabilidad en las localidades según el porcentaje de población analfabeta de 15 años y más.

GRADO DE VULNERABILIDAD	LOCALIDADES	POBLACION ANALFABETA DE 15 AÑOS Y MÁS	CALIFICACIÓN
NO DETERMINADO	218	-9999	-9999
NULO	28	0	0
MUY BAJO	5	5899	0.2
BAJO	51	1612	0.4
MEDIO	50	706	0.6
ALTO	13	74	0.8
MUY ALTO	3	8	1
<b>TOTAL</b>	368	8299	

-9999 es no determinada por falta de datos

De los 438, 434 habitantes del municipio de Mazatlán 8299 (0.22 %) es la población de 15 años y más que no saben ni leer ni escribir. La vulnerabilidad social por este indicador en el municipio no compromete a la población dado que es un porcentaje bajo.

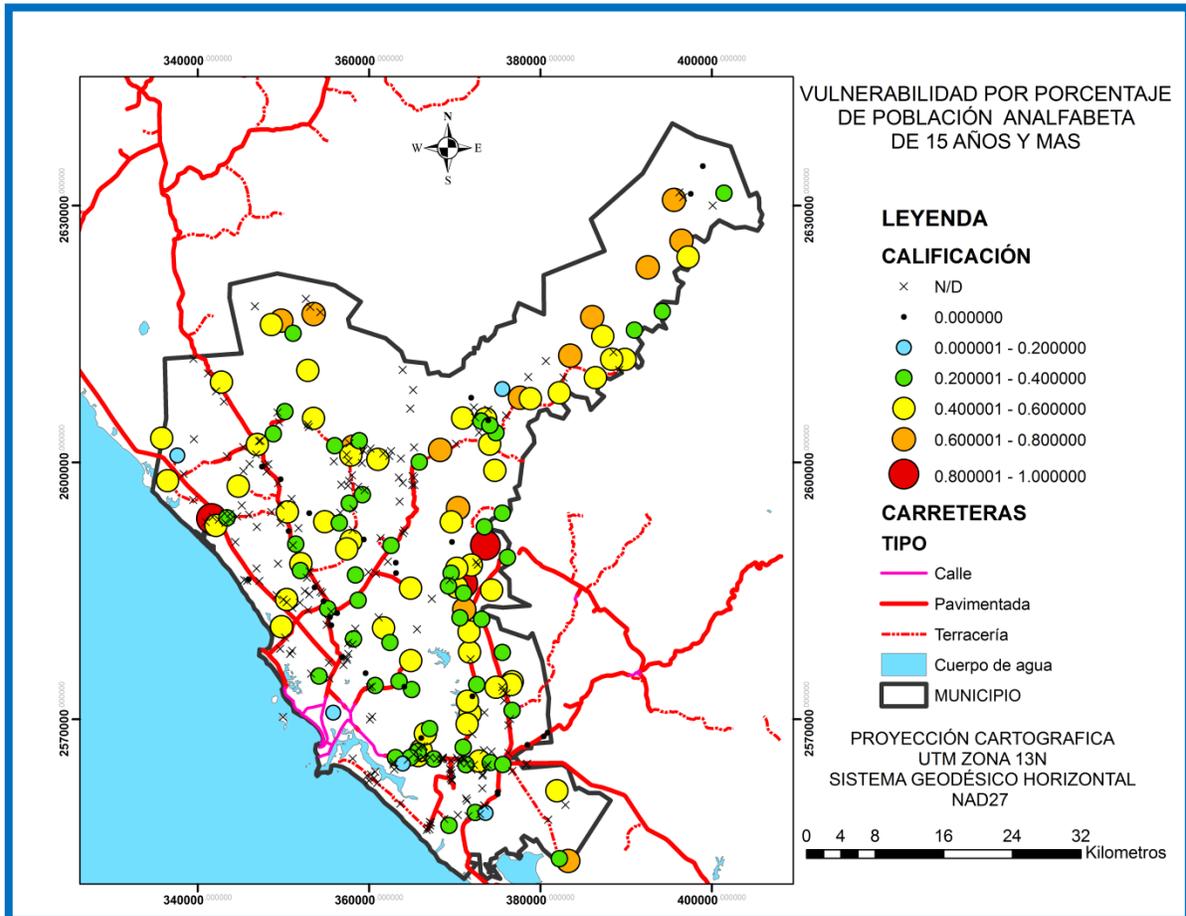


Figura 45.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades según el porcentaje de población analfabeta de 15 años y mas

#### Grado promedio de escolaridad

El promedio escolar del municipio es de 9.84 años de educación cursados, es decir, con secundaria terminada, esto refleja una población que cuenta con al menos la conclusión del nivel básico de educación (CENAPRED, 2006).La

estimación de la vulnerabilidad obtenida se muestra en el cuadro 72 y en la figura 46.

Cuadro 72.- Grado de vulnerabilidad en las localidades según el promedio de escolaridad.

GRADO DE VULNERABILIDAD	LOCALIDADES	PROMEDIO DE GRADO ESCOLAR	CALIFICACIÓN
NO DETERMINADO	218	2567	-9999
NULO	0	0	0
MUY BAJO	6	381710	0.2
BAJO	32	34386	0.4
MEDIO	66	17409	0.6
ALTO	44	2362	0.8
MUY ALTO	0	0	1
<b>TOTAL</b>	<b>368</b>	<b>438434</b>	

-9999 es no determinada por falta de datos

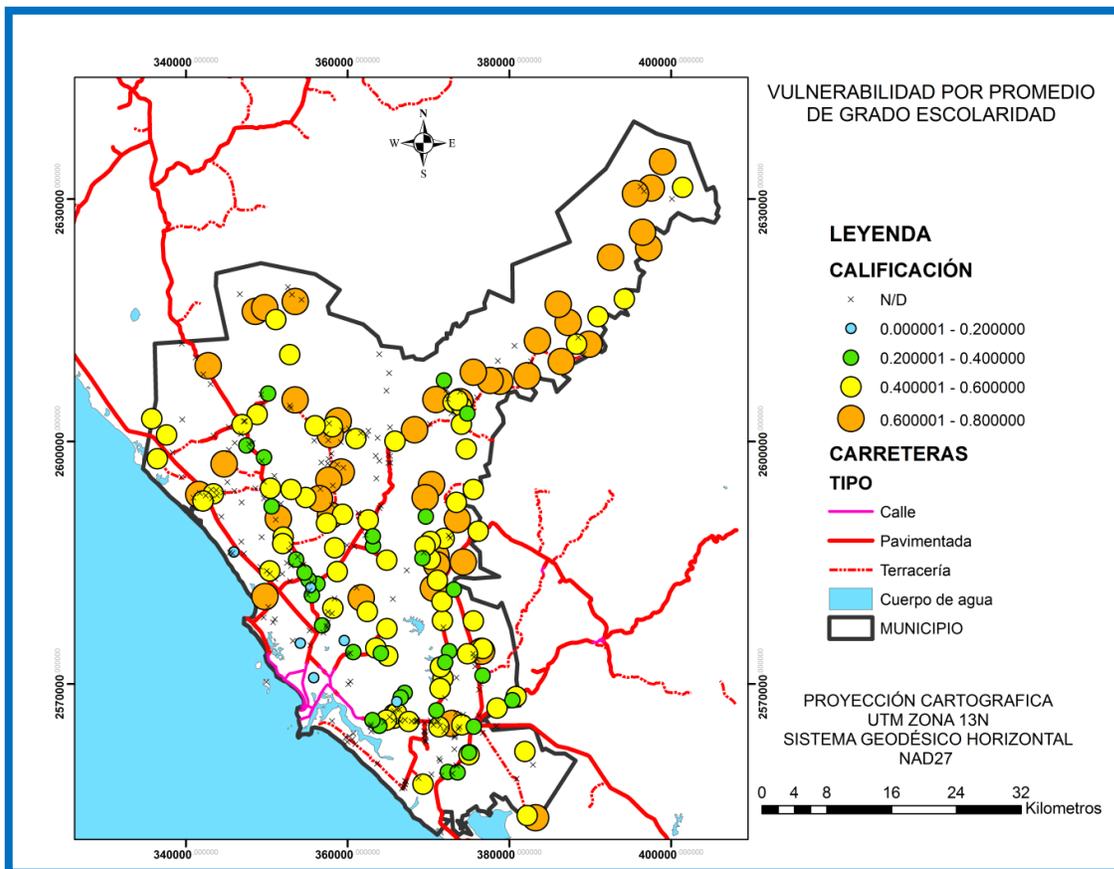


Figura 46.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades por el promedio grado de escolaridad

## VARIABLE FUERZA DE TRABAJO

Los indicadores población económicamente activa y población desocupada son dos elementos fundamentales que dan un panorama de la vida laboral y en general de la calidad de vida de las personas ya que aportan elementos acerca de la generación de recursos que posibilita el sustento de las personas como en el desarrollo económico de un país/personas. Por tanto pueden describir situación vulnerable tanto en el plazo inmediato, donde la condición de vida es precaria y las familias de bajos ingresos solo pueden atender sus necesidades inmediatas y en el largo plazo, se reflejaría en cuanto a la capacidad de prevención y respuesta que potenciaría la vulnerabilidad en caso de un desastre.

Aun cuando son diversos los factores que influyen en la determinación de los salarios, las remuneraciones económicas guardan relación con la productividad en el trabajo (CENAPED, 2006).

### Porcentaje de Población económicamente activa

Este indicador es fundamental en el desarrollo económico de un país, así como en algunos casos pueden describir situación de vulnerabilidad cuando las familias de bajos ingresos solamente pueden satisfacer sus necesidades inmediatas, en algunos casos ni esas; además, este indicador proporcionará de manera aproximada el porcentaje de la población que no puede satisfacer sus necesidades básicas de alimentación, vivienda, salud (CENAPRED, 2006).

Según los datos de Censo de Población y Vivienda 2010, 189 639 habitantes tienen empleo. En el cuadro 73 y la figura 47 se muestra las localidades con asignación de valor y grado de vulnerabilidad en función de porcentaje de población económicamente activa

Cuadro 73.- Vulnerabilidad de las localidades según el porcentaje de población económicamente activa

GRADO DE VULNERABILIDAD	LOCALIDADES	POBLACIÓN ECONOMICAMENTE ACTIVA	CALIFICACIÓN
NO DETERMINADO	218	-9999	-9999
MUY BAJO	7	36	0.2
BAJO	26	169220	0.4
MEDIO	53	16553	0.6
ALTO	48	3742	0.8
MUY ALTO	16	88	1
<b>TOTAL</b>	<b>368</b>	<b>189639</b>	

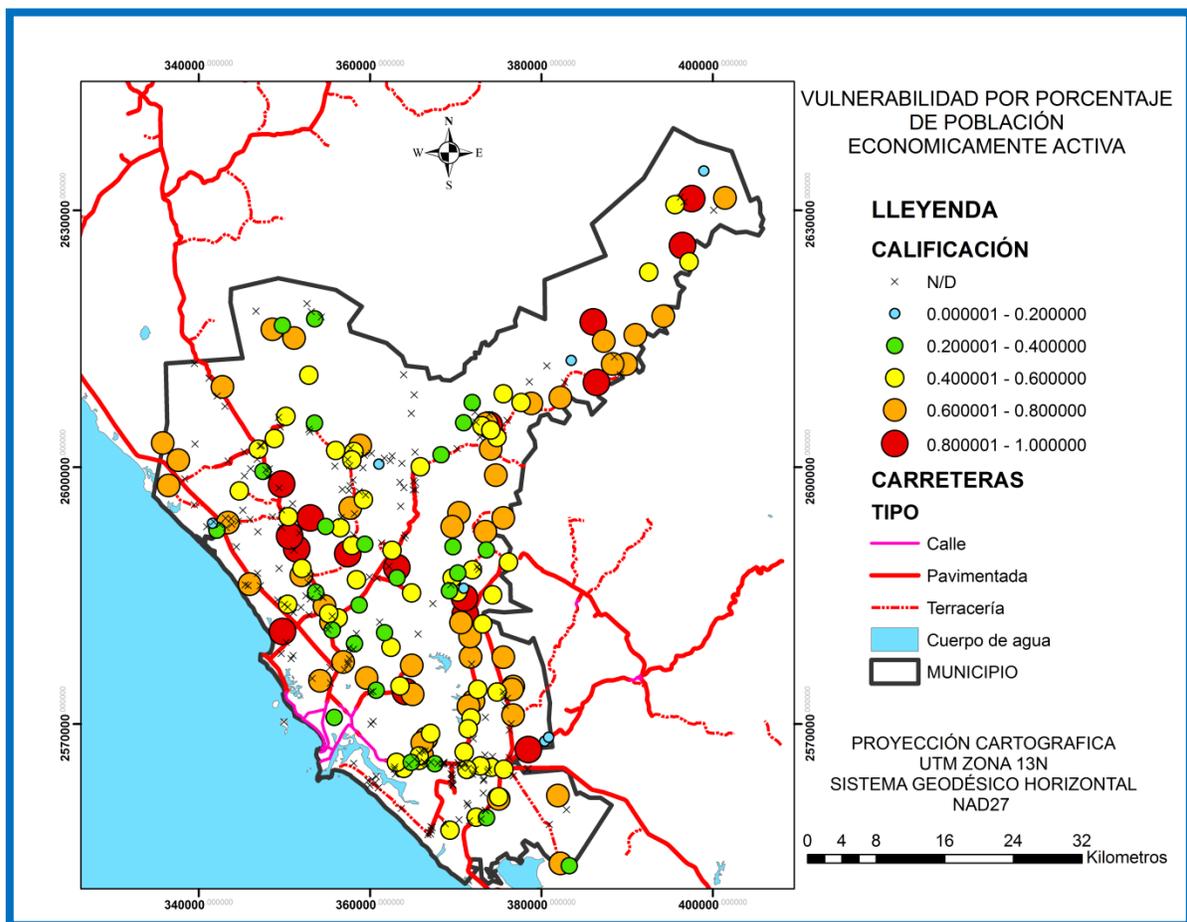


Figura 47.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades según el porcentaje de población económicamente activa

## Porcentaje de Población desocupada

Este indicador refleja directamente a la situación de las personas que no tienen ninguna ocupación lo que influye sobre sus capacidades de consumo así como en la capacidad de generar los recursos que posibiliten la adquisición de bienes satisfactorios. En Mazatlán 7756 no tienen ocupación.

Cuadro 74.- Vulnerabilidad de las localidades según el porcentaje de población desocupada

GRADO DE VULNERABILIDAD	LOCALIDADES	POBLACIÓN DESOCUPADA	CALIFICACIÓN
NO DETERMINADO	218	-9999	-9999
NULO	98	0	0
MUY BAJO	9	12	0.2
BAJO	19	230	0.4
MEDIO	16	7231	0.6
ALTO	4	43	0.8
MUY ALTO	4	240	1
<b>TOTAL</b>	<b>368</b>	<b>7756</b>	

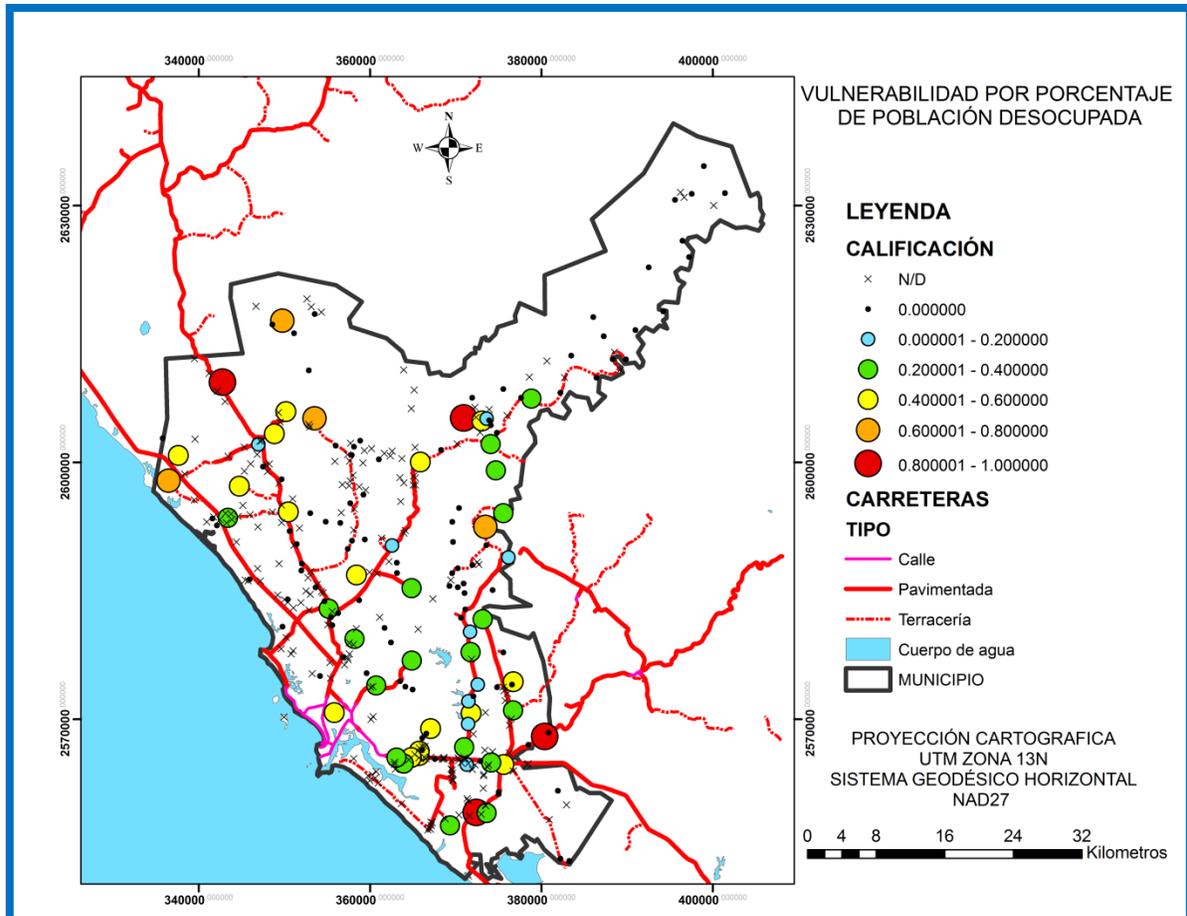


Figura 48.- Mapa de vulnerabilidad de las localidades por el porcentaje de población desocupada

### Índice de marginación urbana

El índice de marginación urbana es una medida-resumen que permite identificar, según el impacto global, las carencias que padece la población como resultado de la falta de acceso a la educación, a los servicios de salud, la residencia en viviendas inadecuadas y la carencia de bienes zonas urbanas del país. Del municipio de Mazatlán se tiene información de 149 localidades que según el grado de marginación (Cuadro 75 y Figura 49) se aprecia que 75 localidades se ubican con un grado de marginación muy alto y alto, que son cerca de la mitad. Las localidades de índice de marginación muy bajo son solamente ocho, la cabecera municipal, (ciudad de Mazatlán), las Mañanitas, El cañón de Batopilas, San José, (Chuchupiras), El Zapotal, Campo Rey, San Antonio, San Juan; que en conjunto tienen una población total 381701 personas. Las localidades que presentan un

índice de marginación muy alto son (14): El Cabral, El Cerro Verde, El Guásimal, El Palmillar (El Palmillar de los Agüeros), El Pinto (El Cerro) El Quelele, Jiménez, La Osa, Las Guácimas, la Savias, Los Cocos, Metates, Piedra Blanca, que suman 281 personas.

Cuadro 75.- Las localidades con su índice de marginación

GRADO DE VULNERABILIDAD	LOCALIDADES	POBLACIÓN TOTAL
MUY BAJO	8	381701
BAJO	25	35083
MEDIO	42	13520
ALTO	61	5282
MUY ALTO	14	281

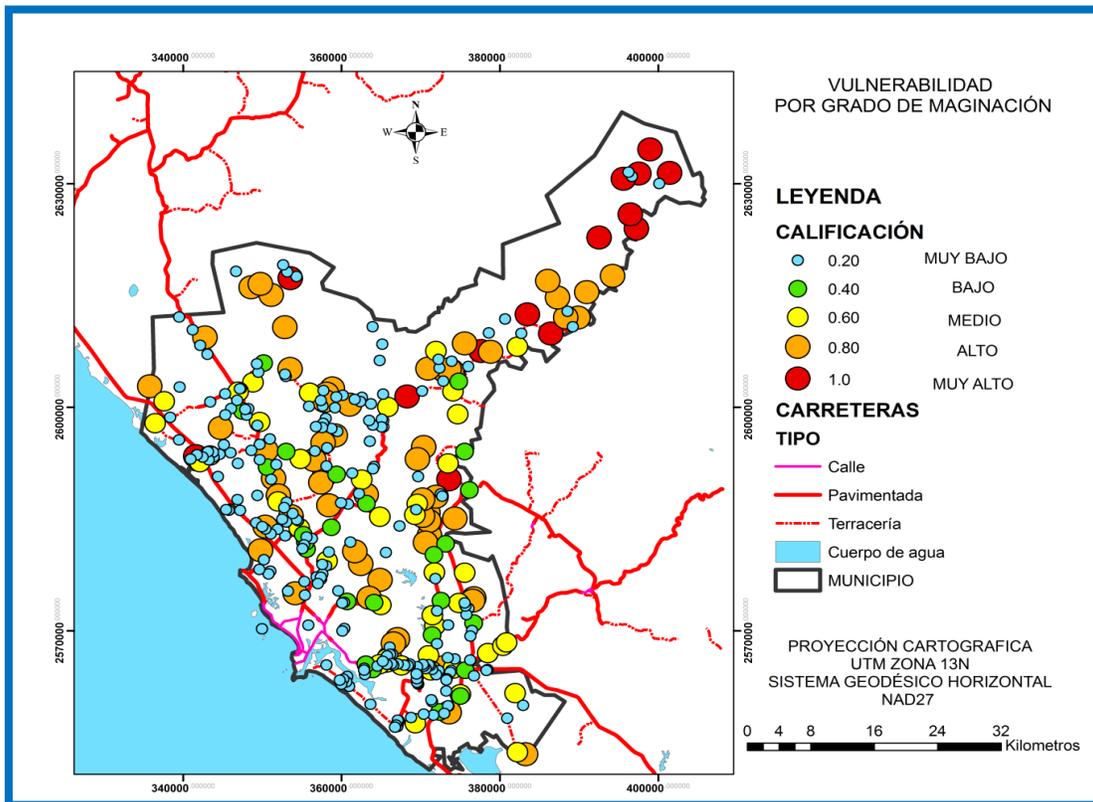


Figura 49.- Vulnerabilidad de las localidades según el grado de marginación.

### 5.3.1.2.-Generación de los mapas de las variables sociales

Los mapas de las variables sociales fueron generados a partir de los pesos obtenidos por la ponderación de los indicadores de cada variable. Como resultado de la aplicación de la sumatoria lineal simple se obtuvieron los mapas de vulnerabilidad de las localidades de las variables (Población, vivienda, fuerza de trabajo, educación, acceso a medio de comunicación. Los resultados se muestran en las (Figuras 50, 51, 52, 53,54).

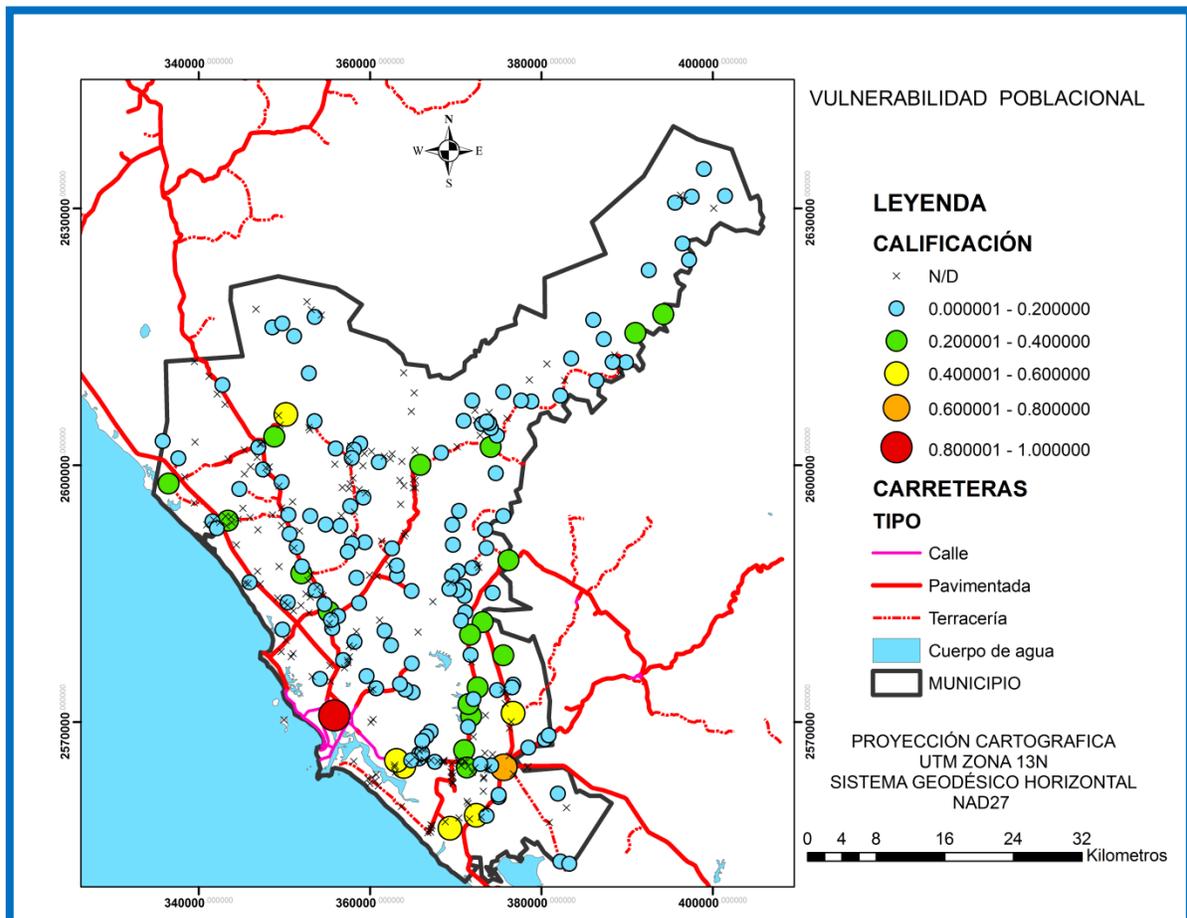


Figura 50.- Mapa vulnerabilidad poblacional

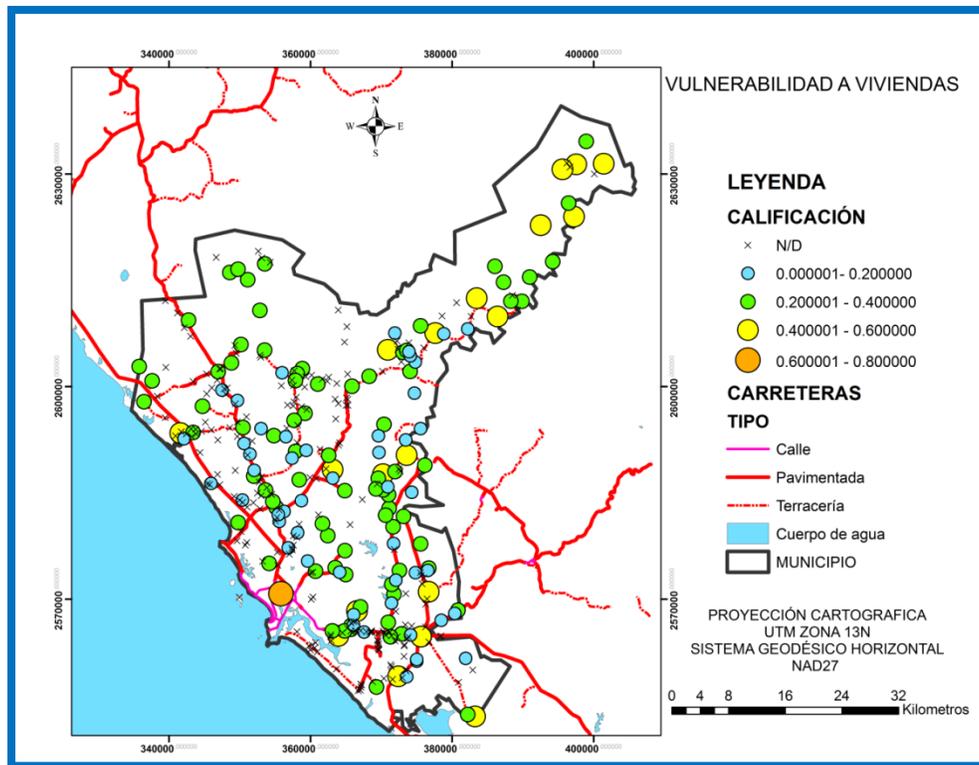


Figura 51.- Mapa vulnerabilidad por viviendas

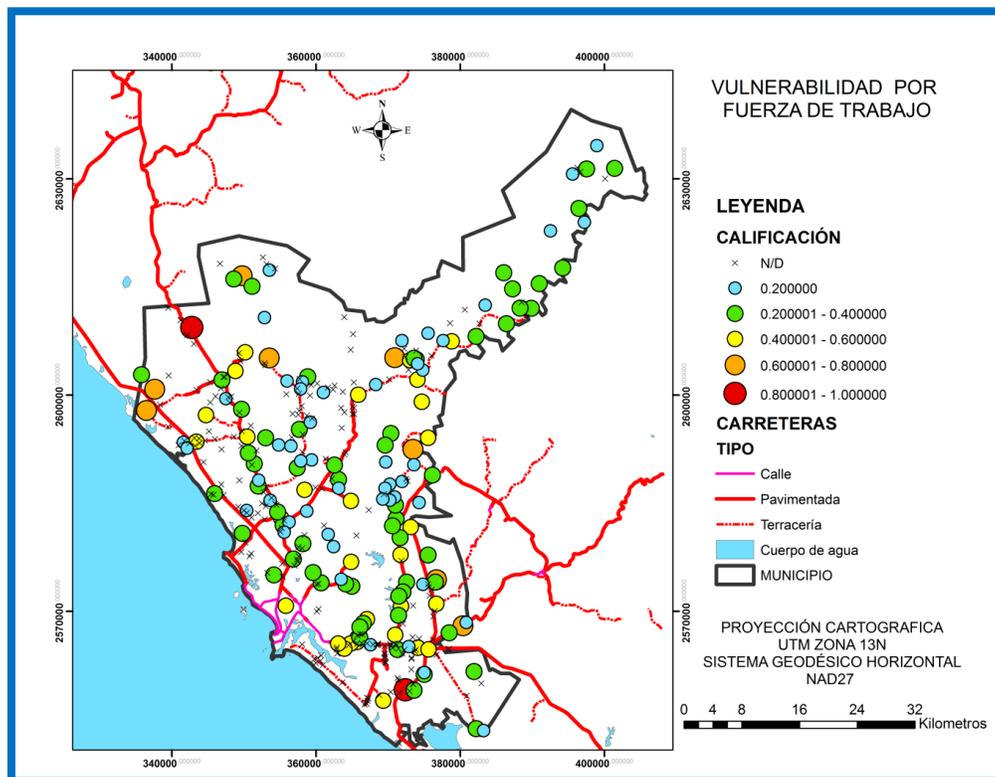


Figura 52.- Mapa vulnerabilidad a productividad laboral

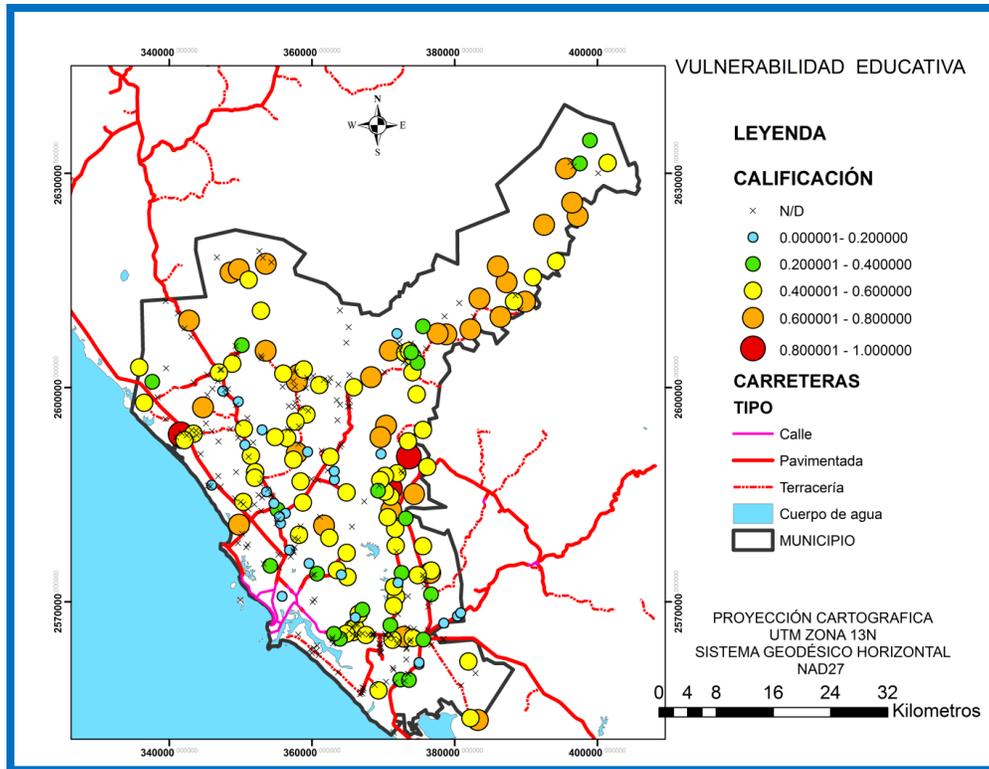


Figura 53.- Mapa vulnerabilidad educativa

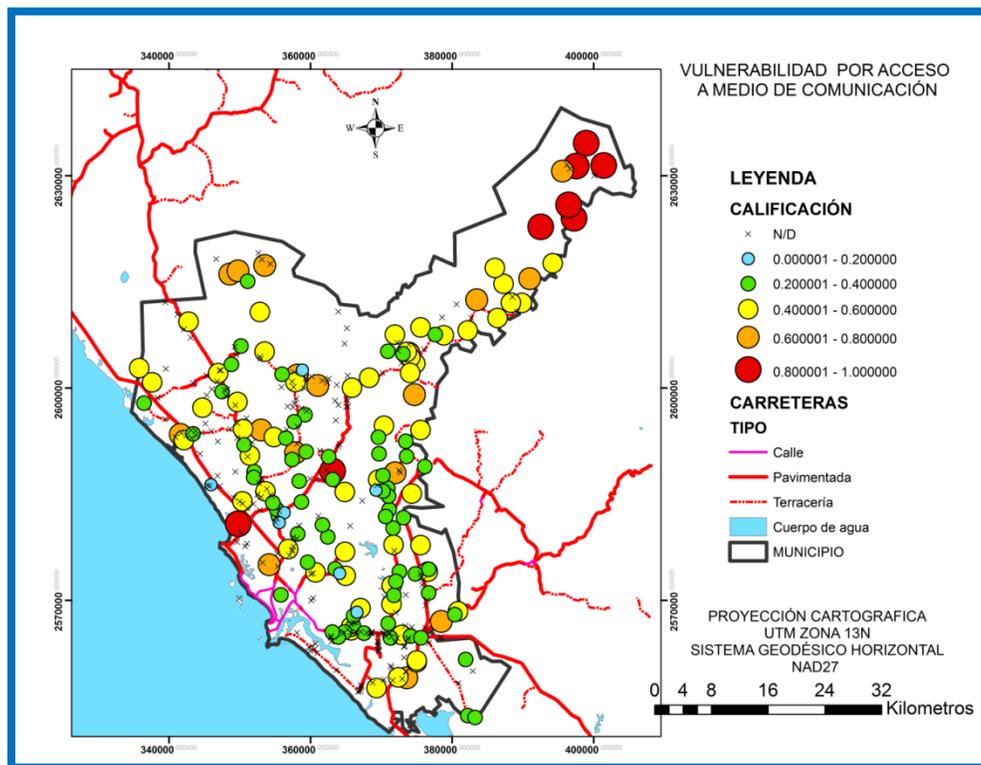


Figura 54.- Mapa vulnerabilidad por acceso a medio de comunicación

### 5.3.1.3.- Generación de mapa de vulnerabilidad social

El mapa de vulnerabilidad social de las localidades fue generado a partir de la aplicación de la sumatoria lineal simple con los datos de las variables y los pesos obtenidos de la ponderación. Se obtuvo un mapa de vulnerabilidad lo cual refleja la relación que existe entre la población y la satisfacción de necesidades básicas a través de vivienda, cobertura de servicios y disponibilidad de infraestructura y equipamiento. Con esto se detectó el número de habitantes susceptibles de afectación por inundación y el grado de vulnerabilidad así como el número de viviendas expuestas (Cuadro 76 y Figura 55).

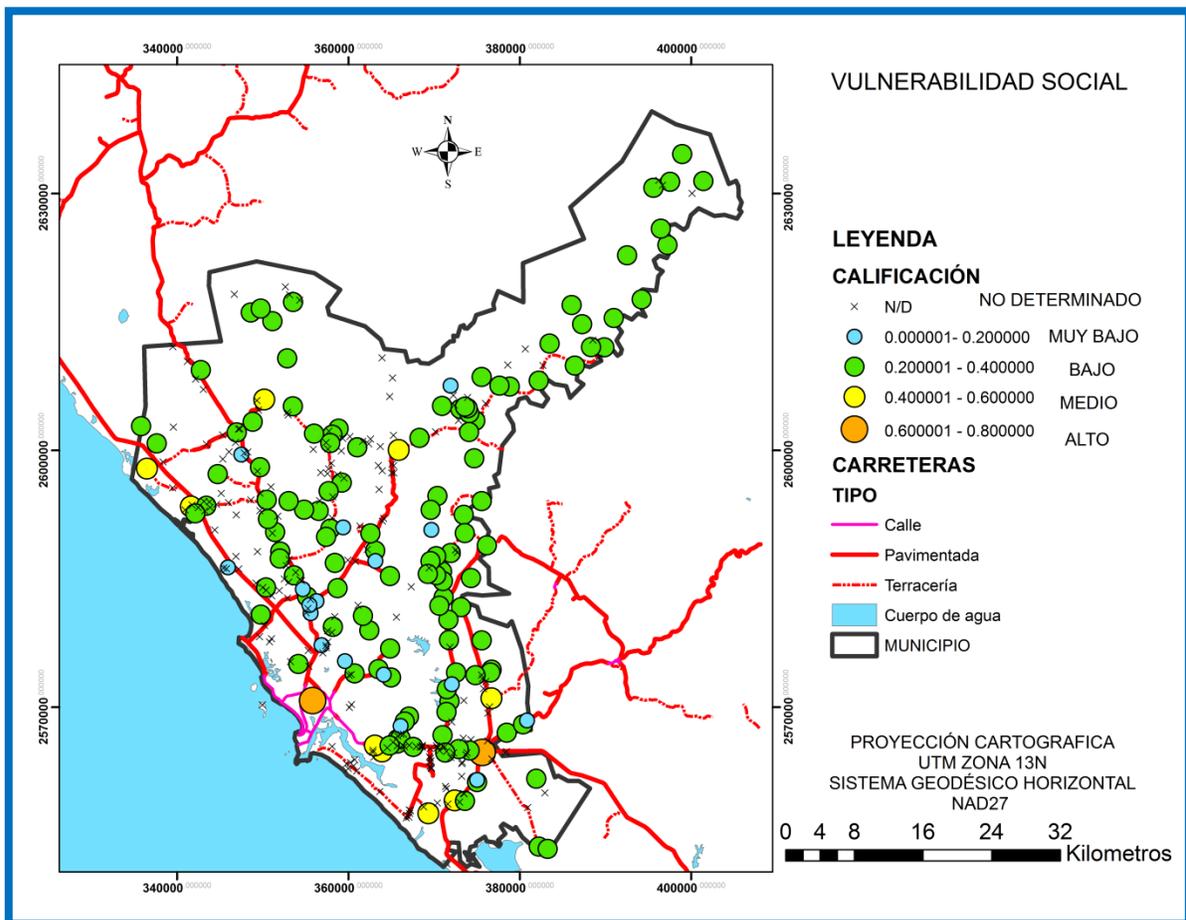


Figura 55.- Mapa vulnerabilidad social.

En el cuadro 76 se muestra las localidades de vulnerabilidad social alto y medio las cuales serian prioritarios frente una inundación. Se determinaron el número de población total, población menor de 12 años, población mayor de 65 años así como el número total de viviendas que están expuestas o son vulnerables.

Cuadro 76.- Resumen de las localidades con alto y medio grado de vulnerabilidad social

GRADODE VULNERABILIDAD	NOMBRE DE LAS LOCALIDADES	NUMERO TOTAL DE HABITANTES	NIÑOS MENORES DE 12 AÑOS	ADULTOS MAYORES DE 65 AÑOS	TOTAL DE VIVIENDAS
ALTO	MAZATLÁN	381583	80882	23135	107393
ALTO	VILLA UNIÓN	13404	2891	999	3449
MEDIO	EL WALAMO	3085	668	231	818
MEDIO	EL QUELITE	1733	322	202	483
MEDIO	EL BARÓN	1792	356	137	502
MEDIO	EL QUELELE	9	1	1	3
MEDIO	EL ROBLE	2627	477	357	809
MEDIO	LA NORIA DE SAN ANTONIO ( La noria)	1220	232	131	306
MEDIO	FRACCIONAMIENTO DE LOS ANGELES	6282	2000	55	1733
MEDIO	EL CASTILLO	2208	525	118	585
MEDIO	MARMOL DE SALTIDO	718	144	89	220
		414661	88498	25455	116301

### 5.3.2.- Evaluación de la vulnerabilidad física

La vulnerabilidad física determina la fragilidad de una estructura frente a un estrés físico, como podría ser la aceleración horizontal producida por un terremoto o el impacto de una inundación (Menoni, 2008).

## Infraestructura de vías de comunicación

La red de carreteras (pavimentada, brechas, terracería) es a menudo uno de los principales sectores susceptibles de ser afectados por las inundaciones ya que se encuentran bajo el agua y pueden ser muy dañadas o aún romperse. Estos impactos pueden afectar las actividades de la población, ya que las carreteras constituyen un medio de circulación y son instrumentos muy necesarios de la acción social frente a desastres

## Aeropuertos

En caso que la pista de aviación sea dañada durante una inundación, el transporte aéreo se cancela o se retrasa. Si el tráfico se desvía y se utilizan rutas más largas, los costos aumentan, ya que incluyen el kilometraje lineal adicional, para cubrir el costo por unidad de transporte kilómetro superior ([www.eclac.org](http://www.eclac.org)). En Mazatlán al ser zona turística, las pérdidas económicas se incrementan no solo por el daño a la infraestructura aeroportuaria, sino por la fallas en los servicios.

## Vías férreas

El transporte de mercancías normalmente se hace por tren, si se perturba por un desastre, como en caso de inundación, probablemente será transportado por otros medios, por ejemplo, carreteras, mientras que otra parte será simplemente cancelada.

## Infraestructura eléctrica

En caso de catástrofe, como inundación, el sector de energía eléctrica es muy vulnerable, puede haber daños directos y pérdidas indirectas que ocasionan muchos impactos macroeconómicos. Los daños directos son causados por afectación o destrucción de infraestructura física; y las pérdidas indirectas son costo de la demanda de energía a satisfacer y los ingresos o beneficios netos no percibidos durante el periodo de rehabilitación ([www.eclac.org](http://www.eclac.org)).

## Infraestructura hidráulica

### Canales

Un canal puede ser artificial destinado al transporte de todo tipo de fluidos; una vía artificial de agua que normalmente conecta lagos, ríos u océanos; o bien una vía natural u otras formaciones geográficas en el agua.

Si llegan a romperse los canales artificiales, son difíciles de controlar y causan daños a sus alrededores. Además de los gastos que se generan para su reparación o reconstrucción, lo que se puede considerar como una pérdida económica.

También se utilizan en los casos de eventos meteorológicos como desfogues de los excedentes de agua en las presas por lo que se constituyen además en una fuente de riesgo de inundación

### Presas

Una presa es una barrera artificial que permite detener, acopiar o encausar el agua, construida generalmente transversal a la corriente de un río. Tiene varias funciones ya que sirve para almacenamiento de agua, obtención de energía y para derivar una corriente de agua. Generalmente la mayoría de las presas tienen varios objetivos combinados o utilidades que podrían ser: riego, suministro de agua, navegación, energía. Por tanto según los materiales de construcciones pueden ser:

Presas de tierras: es un terraplén bien compactado con un núcleo central impermeable. Es importante tener en cuenta las filtraciones que es el pasaje del agua a través de los espacios vacíos del suelo y puede provocar lavado de suelo, como consecuencia sifonamiento y erosión interna en la presa.

Presas de gravedad: son de hormigón, lo que le da un gran peso, en estos casos es importante comprobar las tensiones en el hormigón y en el terreno de

cimentación para embalse lleno y vacío, además del peligro de vuelco o deslizamiento por el empuje del agua.

<http://ing.unne.edu.ar/dep/eol/fundamento/tema/T11p.pdf>

Según el Plan Operativo de Inundación de la ciudad de Mazatlán (CONAGUA, 2011) en el municipio existen dos presas: 1) la Presa de almacenamiento “Picachos”, ubicada en las coordenadas, Latitud 23°28’51”, Longitud 106°12’21” y cuyo propósito: es el riego, suministro de agua a la ciudad de Mazatlán (3.0 m<sup>3</sup>/s) y control de avenidas; y, 2) Presa derivadora Siqueiros, que se localiza en las coordenadas Latitud 23°20’30”, Longitud 106°15’10” y cuyo propósito es la derivación del río Presidio a los canales principales. La ubicación de estas presas estriba en que de llegarse a dañar o resultar destruidos durante una inundación muchas poblaciones en los márgenes del río Presidio resultarían afectadas.

5.3.2.1.- Asignación de valores y generación de mapas de los componentes de la vulnerabilidad física

Se asignaron valores de vulnerabilidad, a los componentes de cada indicador de las variables físicas de 0 a 1, que después fueron integrados en el entorno de SIG para la generación de las capas de los indicadores o componentes estandarizados. Cabe resaltar que los valores asignados a cada componente de cada indicador fueron en función del impacto que podría provocar a cada componente y su capacidad de restablecerse o recuperarse.

El cuadro 77 describa el total de longitud en km de cada componente de vías de comunicación expuestos con su grado de vulnerabilidad. En la (Figura 55) se muestra el mapa de vulnerabilidad del componente de vías de comunicación con los valores de vulnerabilidad asignados.

Cuadro 77.- Vulnerabilidad y dimensiones en los tipos de infraestructuras de vías de comunicación.

CALIFICACIÓN	GRADO DE VULNERABILIDAD	TIPO VÍAS DE COMUNICACIÓN	LONGITUD (km)
0.2	MUY BAJO	Brecha	255.81
0.4	BAJO	Terracería	157.05
0.4	BAJO	Vía férrea	69.98
0.6	MEDIO	Calle	41.84.
0.8	ALTO	Pavimentada	232.91
1	MUY ALTO	Pista de aviación local	0.40
1	MUY ALTO	Pista de aviación internacional	2.80
1	MUY ALTO	Localidad (km <sup>2</sup> )	4,247.37

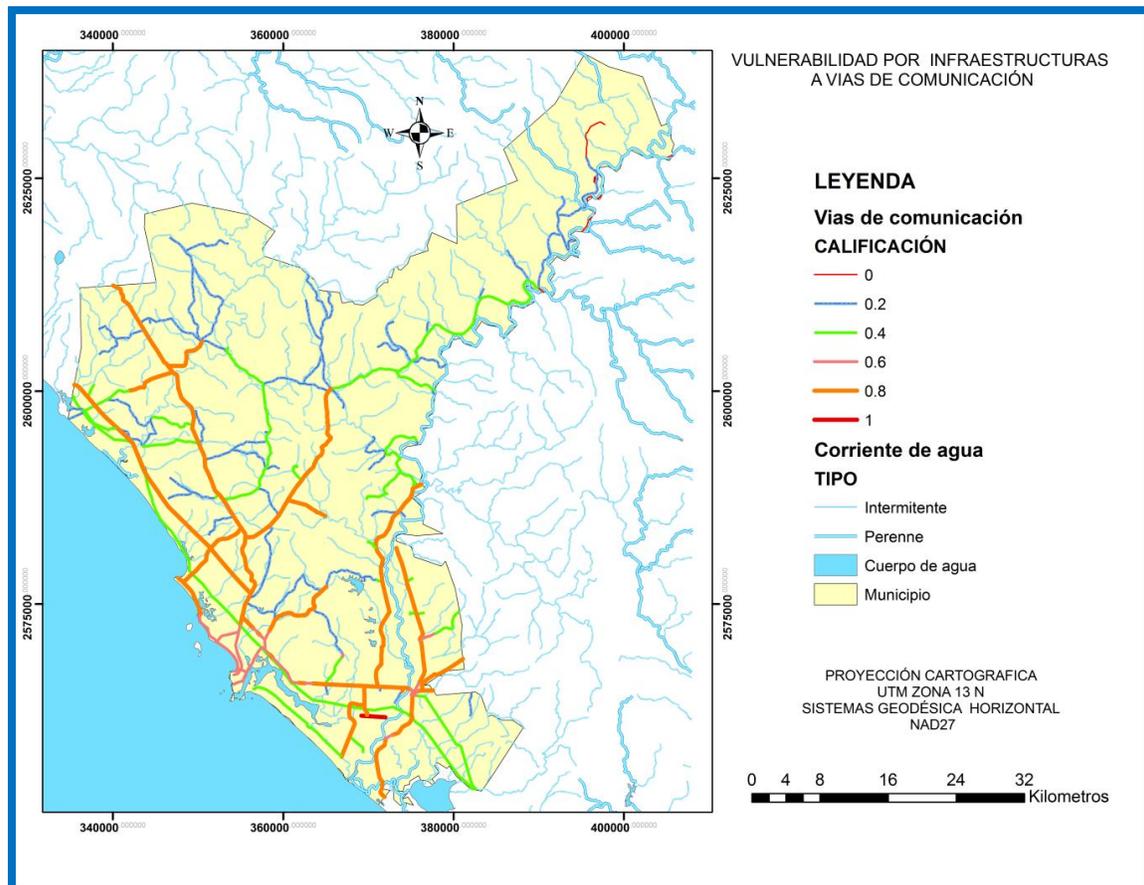


Figura 56.- Mapa de vulnerabilidad infraestructuras a vías de comunicación

Con los valores de vulnerabilidad asignados a los componentes de la infraestructura eléctrica se obtuvo el mapa de Figura 56. Este mapa describe los diferentes componentes del indicador infraestructura eléctrica que serían susceptibles de ser dañados durante las inundaciones. En el (Cuadro 78) se muestra el total de longitud líneas transmisiones (174.0341km), el número de subestaciones eléctricas (2) y plantas generadoras (3) podrían ser dañados durante un evento de inundación con las consecuentes afectaciones a la población del municipio.

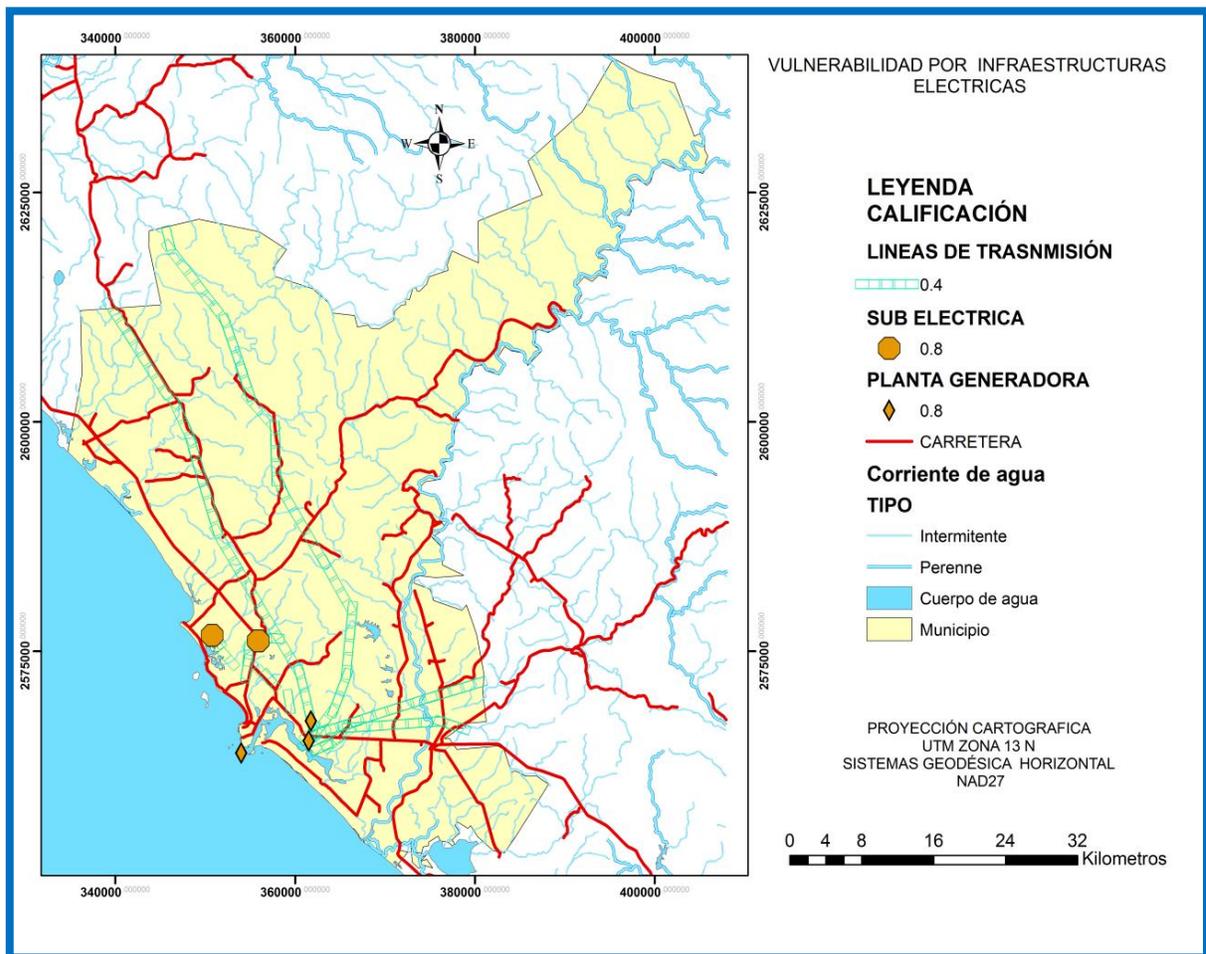


Figura 57.- Mapa de vulnerabilidad de infraestructura eléctrica

Cuadro 78.- Vulnerabilidad y dimensiones de los componentes del indicador tipos de infraestructura eléctrica.

CALIFICACIÓN	GRADO DE VULNERABILIDAD	INFRAESTRUCTURAS ELÉCTRICAS	NÚMERO	LONGITUD EN KILÓMETROS
0.4	BAJO	Líneas de transmisión	22	174.0
0.8	ALTO	Subestación eléctrica	2	
0.8	ALTO	Planta generadora	3	

El mapa infraestructura hidráulica obtenido (Figura 58) representa los diferentes componentes del indicador tipos de infraestructura hidráulica vulnerable o que están expuestos a ser dañados durante una inundación.

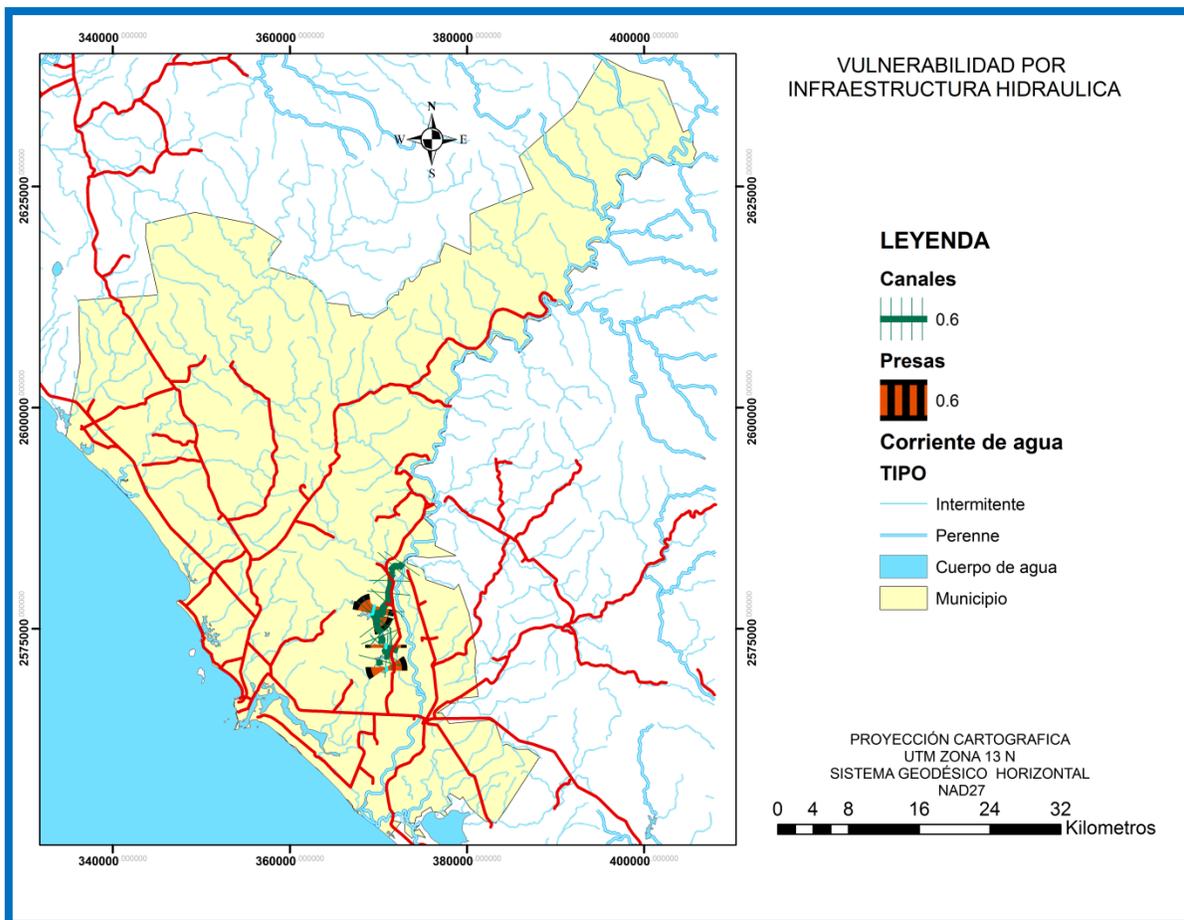


Figura 58.- Mapa de vulnerabilidad de infraestructura hidráulica.

Cuadro 79.- Vulnerabilidad y dimensiones de los componentes del indicador de tipo de infraestructura hidráulica.

<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>GRADO DE VULNERABILIDAD</b>	<b>INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA</b>	<b>NÚMERO</b>	<b>LONGITUD(KM)</b>
0.8	ALTO	PRESAS	3	1.8
0.8	ALTO	CANALES	11	14.8

#### 5.3.2.2.- Generación del mapa de la vulnerabilidad física

Este mapa elaborado refleja los diferentes niveles de vulnerabilidad de los elementos e infraestructura (Figura 59), que están expuestos a sufrir daños durante una inundación según la susceptibilidad de ser dañado y la capacidad de recuperarse o restablecerse. Cabe destacar que las infraestructuras más vulnerables son las vías de comunicaciones, seguidas por las instalaciones eléctricas y la infraestructura hidráulica, ya que esta última constituye obras de prevención o de mitigación ante inundaciones. No obstante, la infraestructura hidráulica puede ser muy vulnerable por su insuficiencia y su construcción inadecuada.

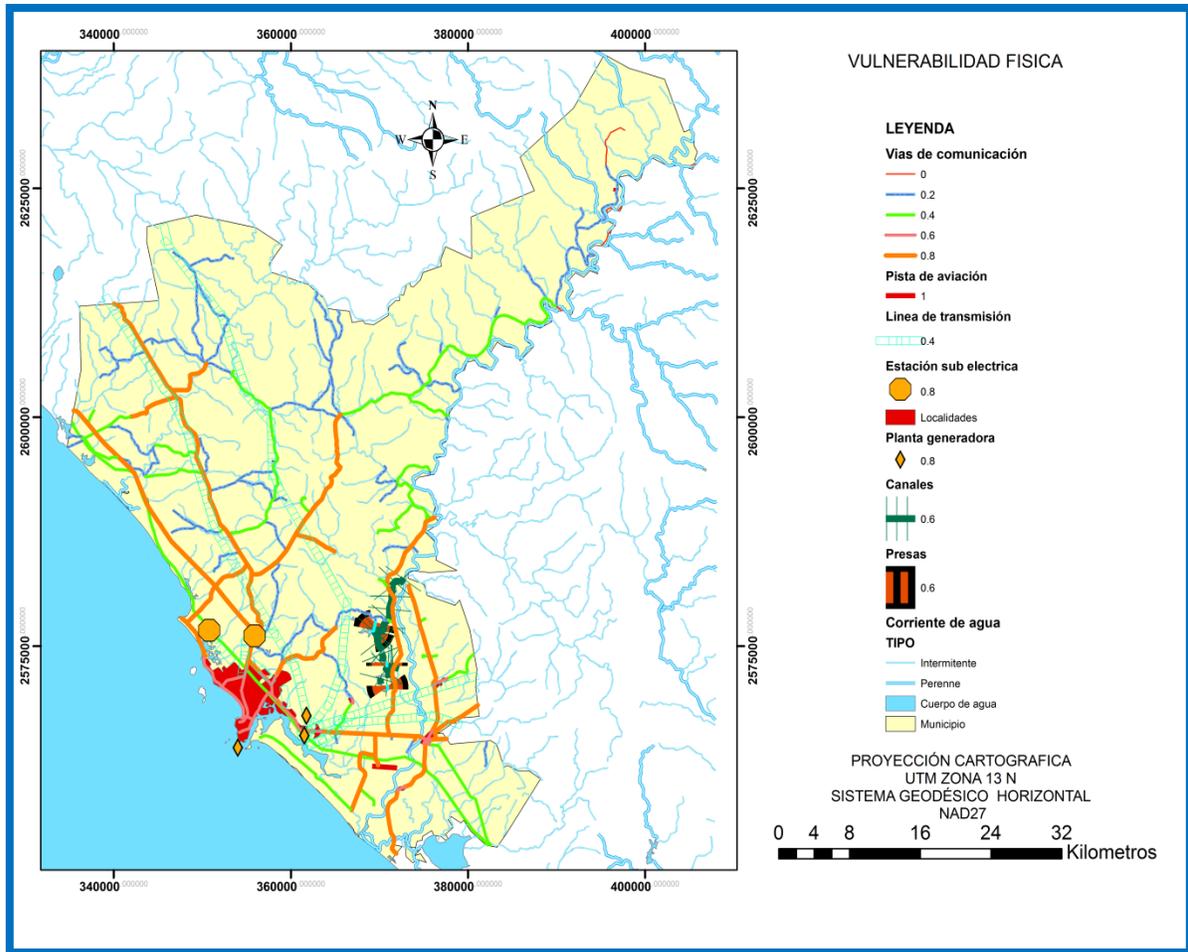


Figura 59.- Mapa de la vulnerabilidad física

### 5.3.3.- Evaluación de la vulnerabilidad económica

#### 5.3.3.1.- Asignación de valores y generación del mapa de vulnerabilidad económica

El mapa de vulnerabilidad económica (Figura 60) se generó con los valores de asignados a los indicadores de la vulnerabilidad económica mediante la combinación algebraica de los mapas de tipo de área agrícola (área de riego o temporal) y según el tipo de cultivo (perenne o anual) y de las áreas de pastizales (área de pastizal inducido y área de pastizal cultivado).

Como indica el mapa, las áreas agrícolas de riego tienen el valor 1, ya que generalmente los cultivos de riego necesitan más cuidado; por tanto más inversión, y las áreas agrícolas de temporal tienen un valor de 0.8. Durante una inundación las áreas de riego sufrirán mayor pérdida que las áreas de temporal. Seguido por las áreas con pastizales cultivados, con un valor de 0.6, lo que significa que si ocurre una inundación serán los más afectados por las pérdidas. Las áreas de pastizales inducidos de valor 0.4. El cuadro 80 muestra la superficie existente en cada uno de los componentes de la vulnerabilidad económica, los cuales se consideran que podrían ser dañados o perdidos por su grado de vulnerabilidad.

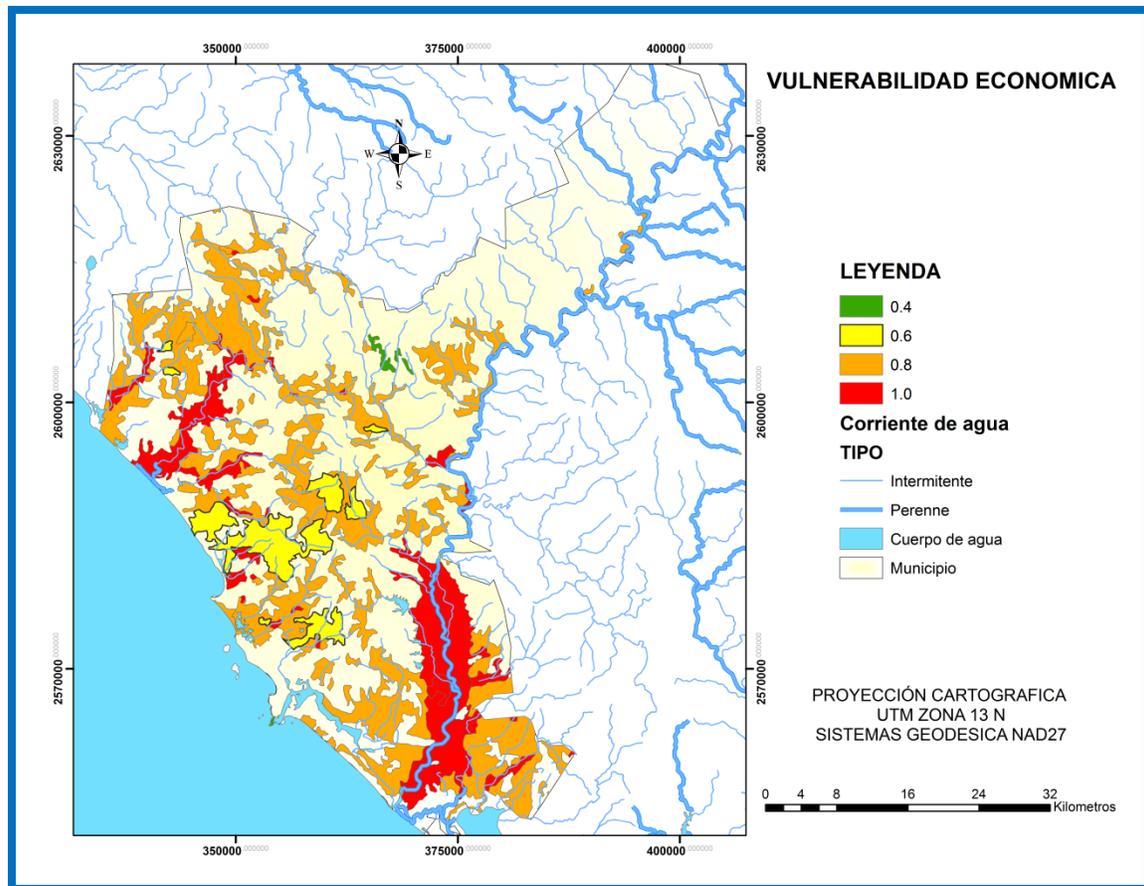


Figura 60.- Mapa de vulnerabilidad económica

Cuadro 80.- Vulnerabilidad y dimensiones de los componentes de la vulnerabilidad económica (en actividades agropecuarias).

CALIFICACIÓN	GRADO DE VULNERABILIDAD	ACTIVIDAD AGROPECUARIA	SUPERFICIE EXPUESTA(ha)
0.40	BAJO	Pastizal inducido	536.2848
0.60	MEDIO	Pastizal cultivado	9,014.7515
0.80	ALTO	Agricultura de temporal	61,021.4
1.0	MUY ALTO	Agricultura de riego	22,342.6
		TOTAL	92,915.1

### 5.3.4.-Evaluación de la vulnerabilidad ecológica

#### 5.3.4.1.- Asignación de valores y generación del mapa de vulnerabilidad ecológica

Hoy en día, el mundo enfrenta una crisis ambiental sin precedente, expresada en la pérdida y el agotamiento de los recursos naturales, debido al aumento de las actividades humanas y de la forma de uso del suelo.

Las condiciones ecológicas presentes en una zona la definen, cuanto mayor sea la degradación ambiental menos sostenible es el aprovechamiento de los recursos naturales presentes; por tanto, mayor será la vulnerabilidad ecológica (Wilches, 1993).

Las inundaciones pueden afectar al medio ambiente, los ecosistemas, al ocasionar daños y modificaciones al paisaje natural. Los indicadores que se tomaron en cuenta para la vulnerabilidad ecológica fué la destrucción de la vegetación, que es el resultado de las actividades humanas modificadoras del medio ambiente a mayor deforestación mayor vulnerabilidad. En la figura 61 se muestra el mapa de vulnerabilidad ecológica estandarizada de 0 a 1. Este mapa refleja los diferentes niveles de vulnerabilidad ecológica en función de tipos de vegetación considerados, (bosques, selva, área sin vegetación, vegetación acuática y área de protección de fauna y flora.) que estarían expuestos a sufrir daños durante una inundación y su capacidad de recuperarse o restablecerse. Cabe mencionar que en el municipio de Mazatlán los bosques serán muy difíciles de ser dañados ya que se encuentran en la sierra, y por otra parte, los bosques constituyen una malla protectora para el suelo y evitan el escurrimiento superficial, por tanto no puede favorecer la ocurrencia de inundación. Sin embargo, de manera general los bosques y luego las selvas serían los tipos de vegetación más vulnerables por el tiempo de recuperarse o regenerarse en caso de que llegaran a dañarse durante una inundación. El cuadro 81 muestra las áreas de cada tipo de vegetación que podrían ser dañadas.

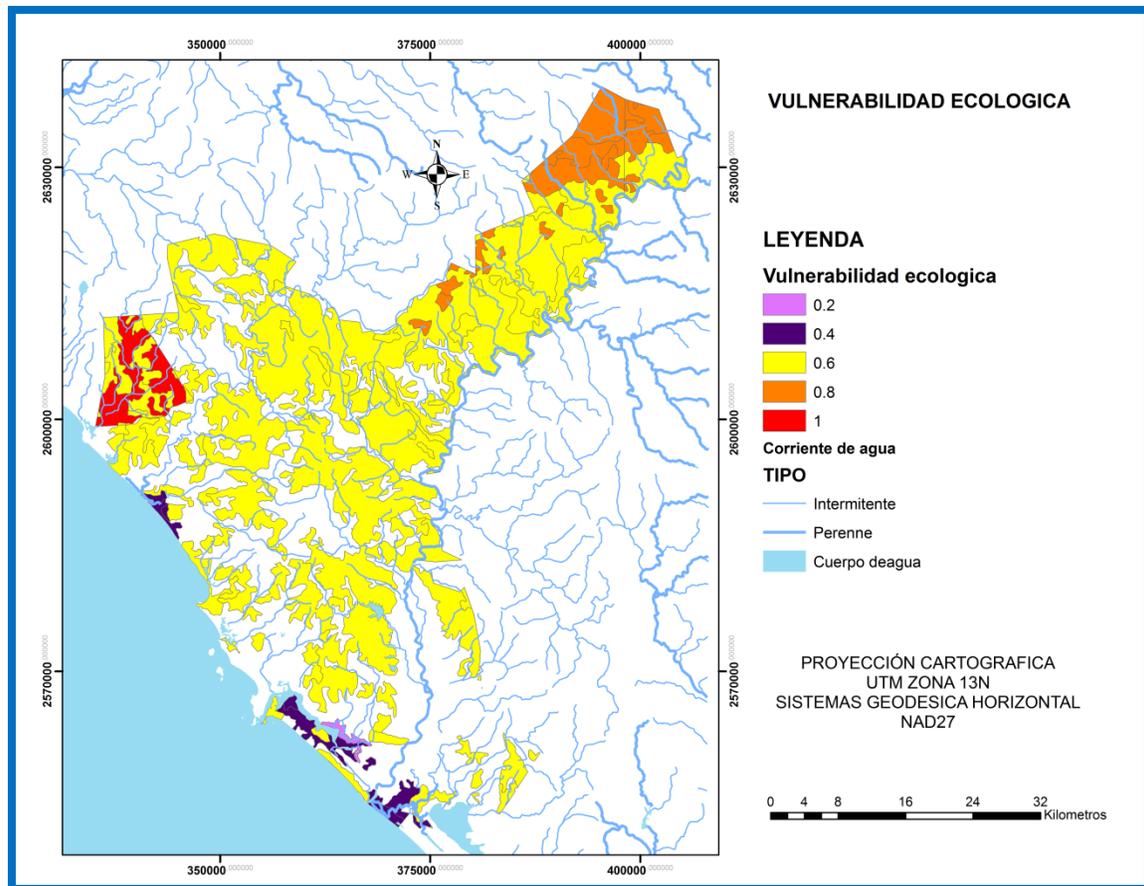


Figura 61.- Mapa vulnerabilidad ecológica

Cuadro 81.- Resumen de la vulnerabilidad ecológica

CALIFICACIÓN	GRADO DE VULNERABILIDAD	ACTIVIDAD AGROPECUARIA	SUPERFICIE EXPUESTA(ha)
0.20	MUY BAJO	Área sin vegetación	523.1561
0.40	BAJO	Vegetación acuática	3877.6074
0.6	MEDIO	Selva	130584.5440
0.8	ALTO	Bosque	13047.6828
1	MUY ALTO	Área de protección fauna y flora	5507.5104

## 5.4.- Riesgo

### 5.4.1.- Riesgo social

En la figura 62 se muestran los diferentes niveles de riesgo social teniendo en cuenta la población total, población menor de 12 años, población mayor de 65 años. Como se puede observar en el (Cuadro 82) dos localidades tienen riesgo social alto: la ciudad de Mazatlán y la localidad de Walamo; 3 localidades muestran riesgo social medio; 12 localidades tienen el nivel de riesgo social bajo; 106 localidades no muestran de riesgo social dado que no se encuentran en áreas susceptibles de inundación. El cuadro 83 muestra a detallé las localidades con sus nombres y sus niveles de riesgo.

Cuadro 82.- Resumen riesgo social

GRADO DE RIESGO SOCIAL	LOCALIDADES	POBLACIÓN TOTAL	POBLACIÓN MENOR DE 12 AÑOS	POBLACIÓN MAYOR DE 65 AÑOS	TOTAL DE VIVIENDA
ND	218	2,567	-9,999	-9,999	268
NULO	106	39,115	9,233	2,881	10,560
BAJO	12	1,529	367	114	397
MEDIO	30	10,555	2,230	1,028	2,982
ALTO	2	384,668	81,550	23,366	108,211

En el cuadro 83 se muestran los nombres de las localidades con un grado de riesgo social alto y medio ya que estas localidades por su población total, población menor de 12 años, población mayor de 65 años y cantidad de viviendas, son las que necesitan mayor prioridad frente a una inundación o riesgo de inundación. Así mismo esta información permite saber cuántas localidades y poblaciones es la que se debe atender y cuántas viviendas están en riesgo. Como se puede observar, la ciudad de Mazatlán tiene un riesgo social alto; en parte esto se explica por su riesgo físico también alto, ya que se encuentran en una región plana, su ubicación su altitud de 3 msnm, existe una alta concentración de población y por ende de la infraestructura. Después la ciudad de Mazatlán, la localidad con mayor riesgo social es Walamo, también riesgo social alto. Seguido

las localidades de riesgo social medio con su número de población y viviendas los cuales son más expuestos y vulnerables ante una inundación. Estos datos son de gran utilidad tanto para la prevención como ante la de emergencia.

Cuadro 83.- Resumen del riesgo social.

GRADO DE RIESGO	LOC	NOMBRE LOCALIDAD	POBLACIÓN TOTAL	MENOR DE 12 AÑO	MAYOR DE 65 AÑOS	VIVIENDAS
ALTO	1	Mazatlán	381,583	80,882	23,135	107,393
ALTO	761	El Walamo	3,085	668	231	818
TOTAL			384,668	81,550	23,366	108,211
MEDIO	346	Veranos	214	51	21	61
MEDIO	296	El Quelite	1,733	322	202	483
MEDIO	822	Campo Pueblo Nuevo	96	18	14	27
MEDIO	311	San Francisquito	820	169	103	226
MEDIO	134	Barrón	1,792	356	137	502
MEDIO	302	El Recreo	579	155	41	151
MEDIO	332	Telcoyonqui	72	17	7	18
MEDIO	764	El Zapote	181	44	13	48
MEDIO	146	Camacho	231	58	20	63
MEDIO	288	El Pozole	420	93	32	112
MEDIO	331	El Tecomate de Siqueiros	303	70	35	106
MEDIO	1044	Ampliación el Zapote	204	65	11	48
MEDIO	851	El Quelele	9	1	1	3
MEDIO	241	Lomas del Guayabo	133	26	26	49
MEDIO	360	El Olvido	46	10	0	14
MEDIO	191	Escamillas	1,083	214	111	307
MEDIO	376	La Tuna	280	57	25	79
MEDIO	255	Miravalles	169	42	15	52
MEDIO	408	La Yerbabuena	19	5	2	5
MEDIO	240	Los Llanitos	122	28	9	25
MEDIO	1185	La Mora Escarbada	61	14	9	16
MEDIO	801	La Guanera	23	7	2	5
MEDIO	795	La Amapa	255	65	14	65
MEDIO	760	El Verde	14	2	1	3
MEDIO	1005	Los Pozos	102	29	5	27
MEDIO	197	Los Gavilanes	43	9	6	13

Continuación Cuadro 83

MEDIO	895	Seminario Diocesano de Mazatlán	48	1	3	3
MEDIO	974	Los Borbollones	162	57	0	51
MEDIO	300	El Recodo	623	101	74	200
MEDIO	249	Mármol de Salcido (Mármol)	718	144	89	220
TOTAL			10,555	2,230	1,028	

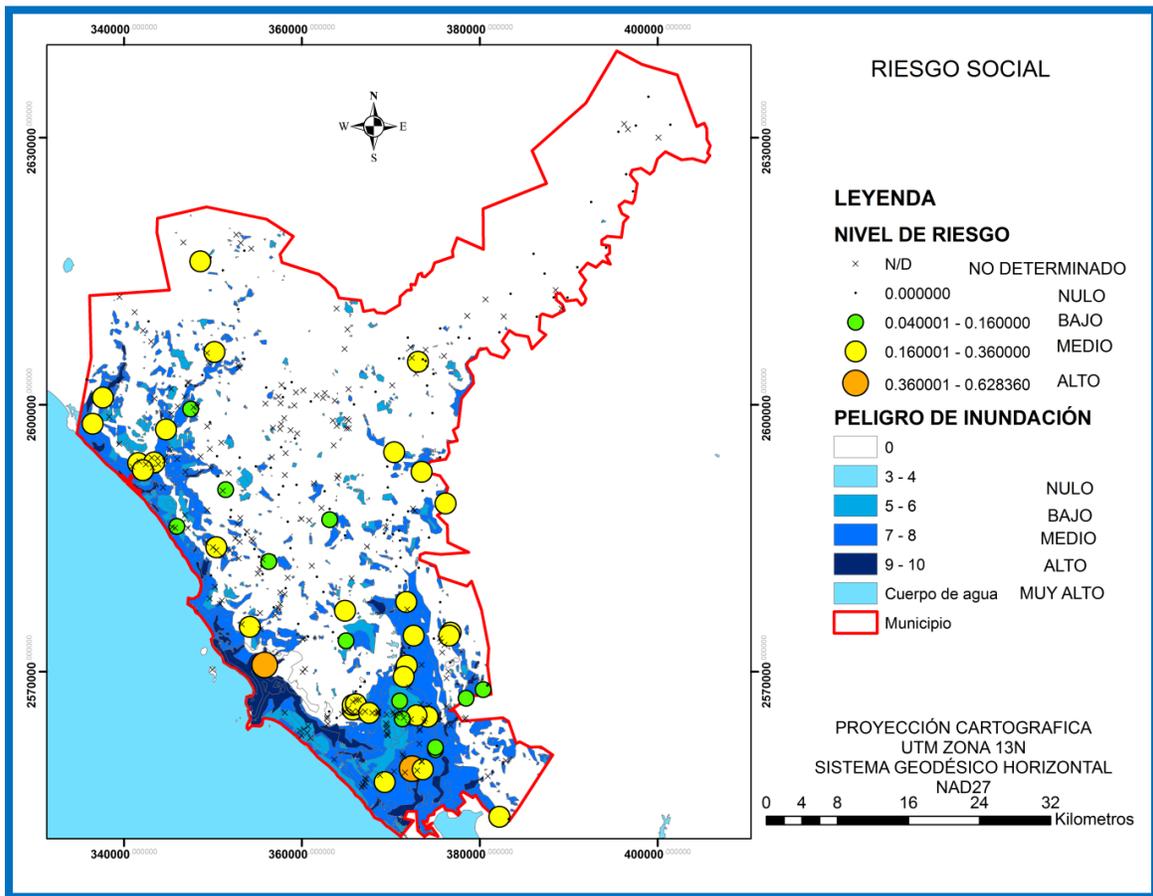


Figura 62.- Mapa de riesgo social

5.4.2.- Riesgo físico

Riesgo infraestructura de vías de comunicación

Con la estimación del riesgo (combinación del peligro y la vulnerabilidad) se obtuvieron el mapa de riesgo a vías de comunicación con sus diferentes niveles de

riesgo. En el cuadro 84 y figura 63 se presentan los resultados del riesgo de las diferentes vías de comunicación a partir de su longitud.

Cuadro 84.- Nivel de riesgo de los elementos de la infraestructura de vías de comunicación

TIPOS DE VIAS DE COMUNICACIÓN	NIVEL DE RIESGO EN LONGITUD (Km)					
	NULO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	TOTAL
Brecha	204.34	50.54	0.93			255.81
Terracería	117.59		39.46			157.05
Vía férrea	20.08		48.59	1.31		69.98
Calle	14.08			27.72		41.8
Carretera pavimentada	135.48		0.09	92.19	5.15	232.91
Pista de aviación	0.4070			2.74	0.07	3.22

En cuanto al riesgo de la infraestructura de vías de comunicación, la afectación más alta sería en ciertos tramos de carreteras pavimentadas, calles, pista de aviación y vías férreas, por ubicarse en zonas de inundación.

Los tramos de carretera en riesgo pueden quedar incomunicados, lo que a su vez provoca dificultad de desplazamiento de las personas de las zonas rurales a los centros urbanos, impedir viajes, con la reducción del volumen de tráfico, y por tanto pérdidas económicas por falta de circulación de automóviles, autobuses y camiones. Es decir pérdidas en ingresos potenciales de los servicios afectados. Otros impactos por estos tramos de carreteras en riesgo es el aumento de los costos de operación de tráfico vehicular en comparación con los costos normales.

Además de los daños directos a estos tramos de carretera se deben sumar los gastos financieros para reparación o reconstrucción para restablecer las redes de comunicación y acceso. Lo mismo sucede con dos pistas de aviación local e internacional que existen en el municipio de Mazatlán. El análisis muestra que la pista local no tiene riesgo de ser afectada por no encontrarse en zona de peligro; sin embargo, la pista internacional tiene riesgo alto, y un tramo de 0.07 km muy

alto, por encontrarse en zona de inundación, lo que hace un total afectado de 2.8 km.

#### Riesgo infraestructura hidráulica

El cuadro 85 muestra los resultados de los niveles de riesgo y dimensiones de cada componente (presas, canales) de la infraestructura hidráulica.

Cuadro 85.- Nivel de riesgo a inundación de los componentes de la infraestructura hidráulica.

TIPOS DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA	NIVEL DE RIESGO Y LONGITUD (Km)					TOTAL
	NULO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	
Presas	0.3			1.4		1.7
Canales	9.8			5.03		14.8

En lo que se refiere a las dos presas existentes, 1.4 km de longitud de las mismas se encuentran en alto riesgo, debido a que se encuentran en áreas de inundación; además, durante una inundación puede dañar parte o muchas poblaciones ubicadas en sus márgenes. Hay que destacar que en 1993 la presa derivadora Siqueiros fue destruida por las fuertes corrientes de agua provocadas por intensas lluvias que se registraron sobre la cuenca del río Presidio.

Por otro lado, el cauce del Río Quelite no cuenta con obras de control (presas), existe una obra de protección a la altura de la comunidad del Quelite, esto con la finalidad de evitar que el río siga erosionando el bordo de protección de esta población. La obra consistió en protección de la margen derecha del río a la altura del pueblo del Quelite a base de gaviones, cilindro de grandes dimensiones, tejido de mimbres o ramas, relleno de tierra o piedra usado en obras hidráulicas (CONAGUA; 2011).

Respecto a los canales, sólo 5.03 km se encuentra en riesgo alto. Aun su papel es favorecer la conducción hídrica en grandes avenidas puede ser insuficiente su capacidad hidráulica y pueden desbordarse o romperse favoreciendo la inundación y la consecuente afectación de bienes, asentamientos humanos, sumando además los gastos que se necesitan para su reparación o reconstrucción.

En el municipio de Mazatlán la infraestructura pluvial que existe es insuficiente, ante las inundaciones. Además la capacidad hidráulica de los canales se ve afectada en las descargas por la existencia de un menor perfil hidráulico en los puentes o cruces de vialidades, afectando con esto el tiempo de descarga de las aguas pluviales que se generan en las cuencas de la zona (CONAGUA, 2011).

#### Riesgo de la infraestructura eléctrica

La infraestructura eléctrica es muy vulnerable durante una inundación, sin embargo, puede no representar riesgo si no se encuentra en zonas inundables. En el cuadro 86 se muestra la infraestructura eléctrica que se encuentra en riesgo. Como se puede observar una parte de las líneas de transmisión eléctrica tiene riesgo. Del total de 174.03 km de longitud de líneas solamente 41.7983 km se encuentran bajo riesgo. Las comunidades de los alrededores arriesgaran de ser afectadas directamente o indirectamente durante un posible evento. De las dos subestaciones eléctricas existentes, una tiene riesgo lo que significa se encuentra en zona de peligro. Las tres plantas generadoras existentes en el municipio no se encuentran en riesgo, lo que significa que están bien ubicadas. La figura 63 muestra los componentes de riesgo físico con su grado de riesgo.

Cuadro 86.- Nivel de riesgo de los componentes de la infraestructura eléctrica.

TIPOS DE INFRAESTRUCTURA ELECTRICA	NIVEL DE RIESGO EN LONGITUD (Km)					TOTAL
	NULO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	
Líneas de transmisión	132.2		41.7		0.01	174.03
NIVEL DE RIESGO Y NUMERO						
	NULO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	TOTAL
Subestación eléctrica	1			1		2
Planta generadora	3					3

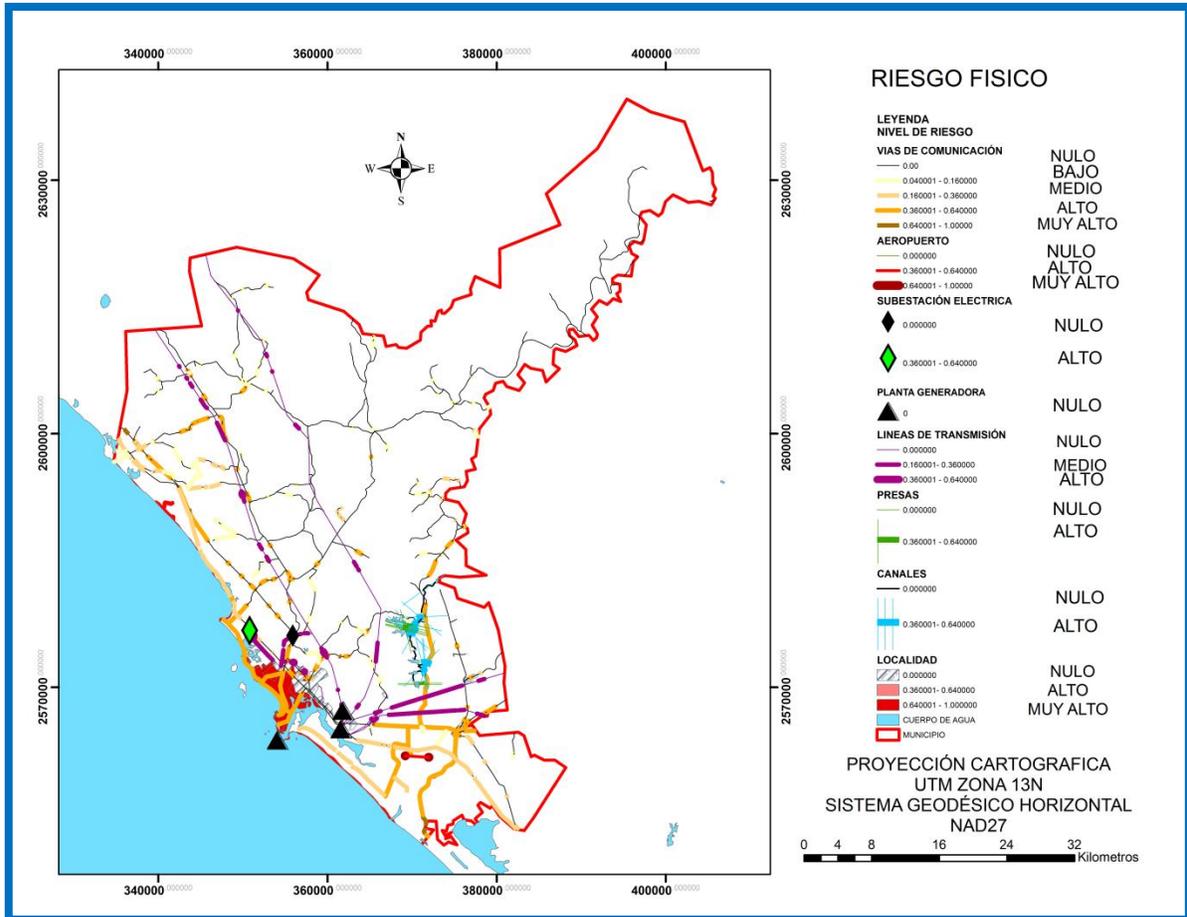


Figura 63.- Mapa de riesgo físico

### 5.4.3.- Riesgo económico

El riesgo económico se calculó mediante la multiplicación del mapa de peligro y el mapa de vulnerabilidad económica. Las actividades agrícolas se consideran como una de las actividades económicas que pueden ser las más afectadas por las pérdidas directas que ocasionan las inundaciones. La figura 64 muestra las áreas con diferentes niveles de riesgo. En el cuadro 87 se muestran los resultados de riesgo económico con la superficie de áreas agrícolas y pastizales en hectáreas y los niveles de riesgo.

Estas superficies con áreas agrícolas y de pastizales en riesgo durante una inundación tendrán repercusiones negativas a nivel familiar, cuando se trata de producción de subsistencia; también impactará la generación de ingresos de los habitantes, en los mercados locales, estatales y a nivel nacional.

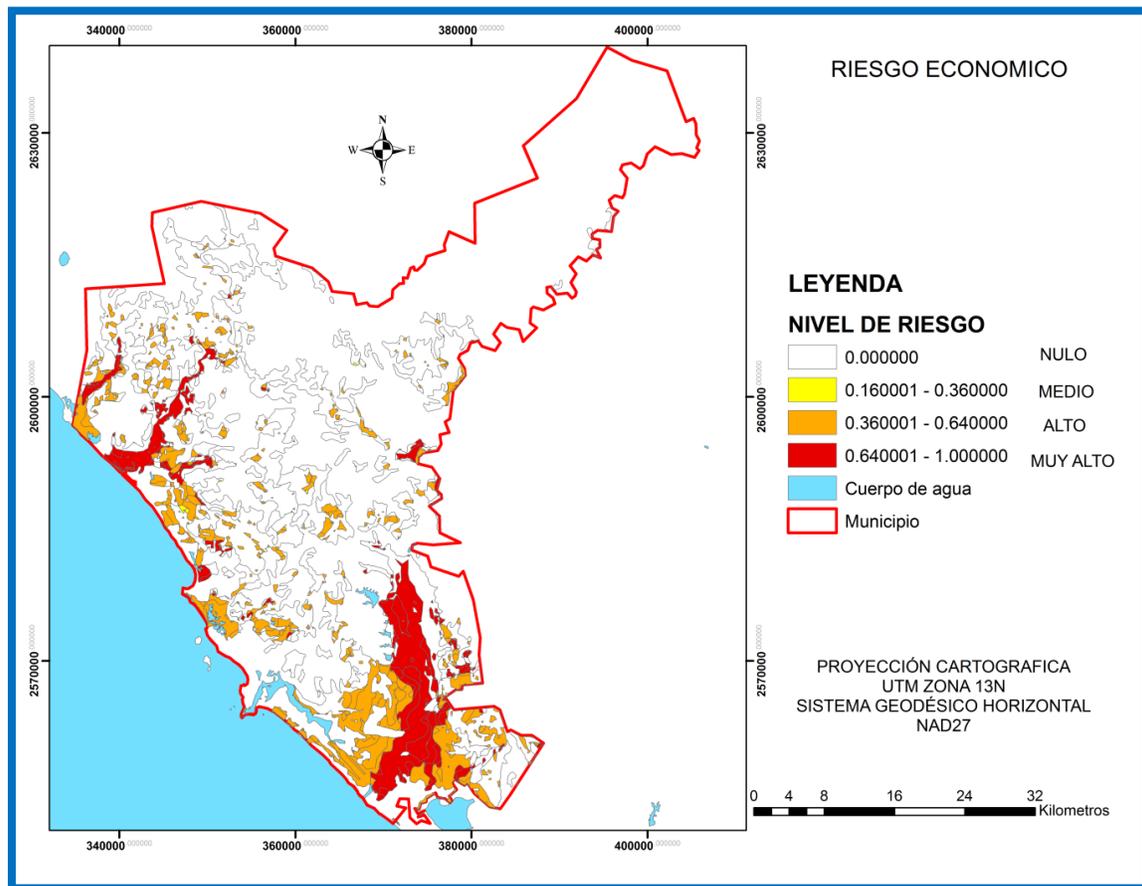


Figura 64.- Mapa de Riesgo Económico.

Cuadro 87.- Superficie y nivel de riesgo de inundación de las áreas agropecuarias en el municipio.

ACTIVIDAD AGROPECUARIA	RIESGO Y SUPERFICIE (ha)			
	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	TOTAL
Pastizal inducido	22.4	3.6		26.1
Pastizal cultivado	87.9	2,070.2		2158.1
Agricultura de riego		598.1	14,594.8	15,192.9
Agricultura de temporal	14.0	17,657.9	652.0	18,324.0
Total	124.4	20,329.9	15,246.8	35,701.2

Cabe mencionar que las principales actividades agrícolas productivas desarrolladas en el municipio son los cultivos de maíz, frijol, sorgo y buffel (pasto cultivado). En la agricultura de temporal, sobresalen el cultivo de maíz, frijol, sorgo y jitomate, y como cultivos perennes el jobo, jocote, ciruela y limón. Además, según los datos de SIAP/SAGARPA se cosecharon en las zonas agrícolas de riego y temporal (cíclicos y perenes) en el municipio de Mazatlán 21,795.11ha de producción lo que generó un total de \$297,861.31 que representa \$13,666.43/ha, por lo que las pérdidas en las áreas afectadas ascenderían a 487millones de pesos, ya que el número total de hectáreas que están en riesgo de ser dañados es de 35701.19 ha.

#### 5.4.4.- Riesgo ecológico

El riesgo ecológico de obtuvo mediante la aplicación de algebra de mapas (multiplicación) del mapa de peligro de inundación y la vulnerabilidad de los ecosistemas vegetales existentes actualmente en el municipio. El resultado fue un mapa de Riesgo de inundación que indica los diferentes niveles de riesgo que presentan las comunidades (Figura 65) y un cuadro con los datos de tipo de comunidad, nivel de riesgo y superficie (Cuadro 88).

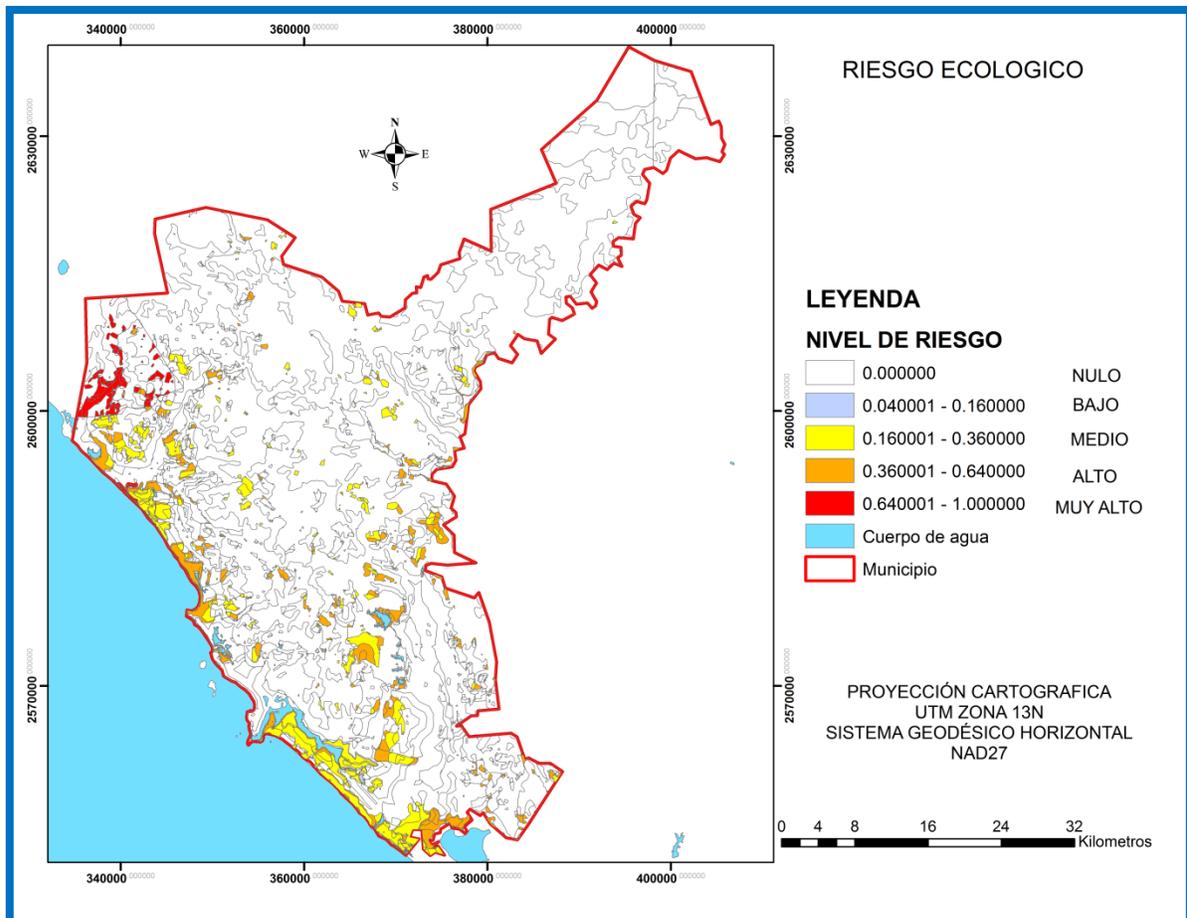


Figura 65.- Mapa de riesgo ecológico.

Cuadro 88.- Cuadro de riesgo ecológico en función de superficie de tipos de coberturas del suelo.

VEGETACIÓN	NIVEL DE RIESGO ECOLOGICO Y SUPERFICIE (ha)				
	NULO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
Área sin vegetación	37.3	114.3	371.4		
Vegetación acuática	80.6		3,618.6	178.3	
Selva	116,291.5		6,181.5	7,869.7	241.7
Bosque	13,047.6				
Áreas de protección fauna y flora				12.1	1,621.2

Las inundaciones pueden afectar a los ecosistemas, principalmente a la cobertura vegetal, ocasionando daños y modificaciones al paisaje natural, lo que puede provocar un desequilibrio ecológico. Dichos daños frecuentemente son resultados de muchos factores no estructurales, como desconocimiento y mal manejo por parte de las organizaciones encargadas de planificación del territorio y del uso del suelo por parte de la población; como la tala de los bosques y de las actividades agrícolas que desnudan al suelo de su cobertura vegetal y agravan los efectos de la inundación.

Como se puede observar en el cuadro 88 los bosques no pueden tener riesgo ecológico, ya que no se ubican en áreas con peligro de inundación, a la vez constituyen una malla protectora para los suelos evitando la erosión e inundación, ya que permiten una mayor infiltración; además constituyen la belleza del paisaje y son áreas de refugio de especies de fauna. Las áreas que tienen alto riesgo ecológico son una parte de las áreas de protección de fauna y flora (12.1 ha de riesgo alto y 1,621.29 de muy alto riesgo). En esta categoría está la Meseta de Cacaxtla la cual según los datos del (IMPLAN, 2011) está localizada al norte del municipio de Mazatlán, con coordenadas geográficas de 106°29' 08" y 106° 48' 08" de longitud Oeste; 23° 29' 31" y 23° 47' 08" de latitud Norte, con una extensión total de 50,862 ha y un área núcleo con superficie de 10,723 ha. La Meseta de Cacaxtla, declarada área natural protegida en el año 2000, representa un área de alta biodiversidad, por su cantidad de especies endémicas, amenazadas o en peligro de extinción con un rango altitudinal que varía entre los 0 a 380 msnm. El de ser un área natural protegida con una categoría de manejo para la protección de flora y fauna no lo excluye del riesgo por inundación.

De la vegetación de selva, se encuentran áreas en riesgo medio, alto y muy alto. En cuanto a la vegetación acuática (halófila y manglar), 3,618.6 ha tienen un riesgo medio y 178.3 ha tienen un riesgo alto. Estas áreas se encuentran en zonas de peligro de inundación ya que frecuentemente aquellas áreas acuáticas se han

deteriorado o destruidos por los asentamientos humanos en sus alrededores y/o por procesos de urbanización. Las áreas sin vegetación son las que tienen menor riesgo ecológico.

La vegetación como parte del paisaje, al igual que los sistemas estuarios, social, económica y ecológicamente tienen un valor inconmensurable. Si se llega a afectar o destruir la vegetación por una inundación se perdería su papel como malla protectora del suelo, soporte territorial y la belleza del paisaje.

Según Beraud, *et al.* (2007), en el siglo XVII Mazatlán contaba con los siguientes cuerpos de agua: 10 lagunas costeras que por ubicación se llamaron: Reforma, Ferrocarrilera, Palos Prietos, Central camionera, Bosque de la Ciudad, Acuario, Camarón, López Mateos, Plaza de Toros y Gaviotas; tres esteros: El Infiernillo, El sábalo y Urías-La Sirena; y, la bahía de Mazatlán, los que ocupaban 306.846 km<sup>2</sup>. Sin embargo llegada la primer década del siglo XXI, le queda a Mazatlán solamente 10.31 km<sup>2</sup> de lagunas costeras y esteros: de las lagunas, Bosque de la ciudad cuenta con 0.0072 km<sup>2</sup>, Acuario 0.017 km<sup>2</sup>, y la del Camarón 0.0050 km<sup>2</sup>. En esteros, 10.24 km<sup>2</sup>, de los cuales El sábalo, actualmente transformado comprende 1.28 km<sup>2</sup>, Urías 0.8 km<sup>2</sup>, y El Infiernillo 0.96 km<sup>2</sup>, considerando la cuenca del arroyo jabalines. De los sistemas acuáticos 296.536 km<sup>2</sup> han desaparecido por destrucción o transformación por el proceso histórico de apropiación del entorno natural.

Se puede concebir el deterioro de los subsistemas naturales en el municipio de Mazatlán como la ineficaz o inadecuada interacción reguladora entre los subsistemas naturales, sociales, económicos y políticos lo que provoca la problemática ecológica y, a su vez pone en riesgo la vida de los sistemas naturales, y la de la población a futuro. El municipio está en pleno crecimiento, desarrollo y urbanización lo que provoca la demanda de la población de la aplicación de programas de política ambiental a largo plazo adecuada acerca del uso de los recursos naturales presentes.

## VI.- CONCLUSIONES

El municipio de Mazatlán muestra una compleja concurrencia de riesgos de inundación.

La ubicación y determinación de las áreas susceptibles de inundación, se efectuó a través del estudio de factores geomorfológicos (características físicas del terreno) para lo cual se emplearon el análisis multicriterio y la lógica difusa con aplicación de sistemas de información geográfica. Se obtuvo un mapa con las áreas de peligro de inundación con los siguientes niveles: muy alto, alto, medio, bajo y nulo con base en información geográfica digital a escala 1:250 000.

Las áreas con peligro muy alto se localizan principalmente en la zona urbana de la ciudad de Mazatlán, debido a está asentada en terreno plano y que su elevación sobre el nivel del mar es de 3 m, lo que hace que durante el periodo de lluvias se inunde. A su vez la zona urbanizada, desde el punto de vista hídrico provoca la impermeabilización progresiva del suelo, lo que incrementa el peligro de inundación. Las áreas de peligro alto son las que se presentan en la parte sureste y los sectores aledaños a las corrientes Presidio y Quelite, así como la zona de la costa por los depósitos palustres.

Considerando la ubicación geomorfológica del municipio, las afectaciones se dan por la ocurrencia de tormentas tropicales y huracanes, aunado a las características físicas del terreno. Sin embargo, a parte de la gran variedad de factores geomorfológicos analizados (pendiente, altitud, tipos de rocas, tipos de suelo, unidad geológica y cobertura vegetal) que confluyen en el peligro de inundación, se agregan las actividades antropogénicas que alteran los ecosistemas y actúan intensamente sobre el peligro de inundación.

El crecimiento desmedido de la zona urbana, la falta de planeación a largo plazo, la invasión de los márgenes de ríos y arroyos por el establecimiento de asentamientos humanos, así como la infraestructura hidráulica insuficiente en el

municipio de Mazatlán, generan obstáculos y disminución de la capacidad de drenaje, lo que incrementa el peligro.

Las características y dinámica propia de la población de Mazatlán, contribuyen a aumentar la posibilidad de las inundaciones en dos vías, ya que por un lado incrementa los factores de vulnerabilidad y por otro los padece. Por ello se elaboraron los mapas de vulnerabilidad de diferentes tipos (social, física, económica y ecológica) frente a las inundaciones de acuerdo a un esquema de clasificación cualitativa: nulo, muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, los cuales nos permitieron identificar las localidades más impactadas y la población más frágil o vulnerable, resultando localidades y poblaciones que requieran mayor prioridad frente a una inundación.

En base a los mapas de riesgo ante inundaciones (social, físico, económico y ecológico), se delimitaron los sectores Críticos de Riesgo, que son aquellos que resultaron con niveles de riesgo muy alto, alto y medio, conjuntando población, infraestructura, actividades económicas para identificar y delimitar las áreas susceptibles.

Con este estudio se hizo un análisis de las subcuencas existentes en el municipio de Mazatlán concluyendo que este variable permitió conocer las características morfométricas y sus tiempos de concentración de las subcuencas, lo que favorece entender el comportamiento de los escurrimientos o comportamientos hidrográficos en peligro de inundación.

Este estudio, como instrumento preventivo, permitió entender que los riesgos de inundación en el municipio de Mazatlán no se relacionan solamente con los aspectos naturales, sino que se incrementan con las actividades antropogénicas como consecuencia de la ineficiente interacción reguladora entre los subsistemas naturales, sociales, económicos y políticas modificando el medio ambiente. Además, de un desarrollo y de una urbanización que ignora la capacidad de acogida del territorio por falta de ordenamiento territorial adecuado y a la

aplicación de programas de política ambiental deficiente, así como falta de planeación a largo plazo.

Por último el uso de SIG para los fines de este estudio fue adecuado porque permitió analizar y representar espacialmente los datos, integrando información numérica y descriptiva de variables sociales, económicas, físicas y ambientales. Su aplicación permite contribuir a la prevención de riesgo y la formulación de planes de contingencias de inundaciones. Cuenta de ello dan los estudios realizados en otros países. Por otro lado, el uso del método de análisis multicriterio es de importancia ya que permite integrar y analizar elementos de características diferentes; sin embargo, está sujeto al criterio del investigador por lo que a la hora de establecer los pesos de las variables analizadas sería pertinente contar con la opinión de expertos bajo la óptica interdisciplinaria.

## VII.- RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS

Las recomendaciones derivadas del presente estudio están encaminadas a una gestión integral del riesgo de inundación, que propicie cambios en los aspectos estructurales y no estructurales que confluyen en el territorio, a partir de las funciones, servicios y relación que existe entre los subsistemas naturales, sociales y económicos.

Es recomendable evitar el asentamiento humano y el uso del suelo para actividades económicas en las zonas naturalmente inundables, como son las riberas de los ríos, arroyos, quebradas, lechos abandonados y llanuras de inundación.

Es importante implementar programas de educación ambiental, formal e informal, dentro de las organizaciones comunales, centros educativos de las localidades del municipio, como una forma de sensibilización social con respecto a los problemas de riesgo de inundación, lo que permitirá una mejor comprensión y gestión de riesgo de inundación.

Es importante contar con organismos locales bien estructurados con fuerte capacidad de gestión para establecer y facilitar sistemas de información con las autoridades municipales, locales y el público en general, con el fin de fortalecer la capacidad de organización implementando políticas públicas participativas que involucre todos los sectores: los tres niveles gobierno, académico y la sociedad.

También es importante la construcción de una cultura de prevención tanto en autoridades como en la población por ejemplo evaluar colectivamente cómo se pueden mitigar los riesgos a través de los instrumentos de gestión pública del plan de desarrollo urbano, el plan de protección civil, el manejo de residuos sólidos (basura), la reducción de la eliminación de cubiertas vegetales, con fines de ampliación de áreas de pastoreo, etc.

Promover la protección y la restauración de sistemas ecológicos, ya que son clave para mitigar los efectos de futuros desastres naturales (manejo de las áreas protegidas, los esteros, las lagunas) y tener en cuenta las zonas que consideren áreas de peligrosidad.

Ampliar sistemáticamente la capacidad del sistema de drenaje, mantener en condiciones óptimas de operación toda la infraestructura de drenaje sanitario y pluvial así como redes de alcantarillado existente y realizar periódicamente el retiro de escombros y azolve depositado en los cauces y arroyos. Así como establecer vigilancia para impedir o evitar tiradero de escombros y/o basura en las orillas de los ríos y arroyos. Orientado a la población mediante campañas de concientización.

Promover y aplicar planes de ordenamiento territorial del municipio, lo cual permite la planificación racional del uso de las tierras para viviendas, infraestructura, servicios, el manejo y utilización de los recursos naturales, así como zonas de protección y restauración. El ordenamiento ecológico territorial permite un equilibrio entre los aspectos sociales, políticos, económicos y ambientales, y a su vez disminuye los problemas sociales, económicos y ambientales relacionados con las amenazas naturales y la vulnerabilidad de las localidades a través de apoyo a iniciativas y acciones.

La utilidad de este estudio radica en que puede contribuir para la preparación de planes de protección civil específicos para el municipio de Mazatlán, tanto para la intervención inmediata frente a emergencias, pero también en la programación constante de actividades preventivas de divulgación entre los grupos de intervención y público en general. En un programa de emergencia debiera contarse de un procedimiento de evaluación inmediata y evolutiva de la situación; este análisis previo de riesgo facilitará la evaluación de los recursos que se necesitarían para hacer frente a los efectos adversos de la emergencia (servicios de rescate, áreas de resguardo y albergues, preparación de hospitales).

De igual manera podrían también emplearse sistemas de alertamiento temprano, instrumentación de las corrientes y de las presas a fin de generar la información más adecuada.

Es recomendable hacer este tipo de estudios a nivel de localidades para precisar la información ya que el presente fue hecho a nivel municipal utilizando capas a escala 1:250000. Para estudios posteriores, se recomienda el uso de mapas a escala 1:50,000 y 1:20,000 que permitan tener mayor precisión en la determinación de áreas sujetas a amenazas por inundaciones.

Este estudio se basó sobre un análisis geomorfológico. Se recomienda hacer posteriormente estudios hidrológico e hidráulico a detalle, lo que permitirá analizar el comportamiento dinámico de los ríos Presidio y Quelite y determinar los diferentes niveles de agua en los mismos, en función de diferentes períodos de retorno. El mapa de riesgo se fortalecería con los análisis de la dinámica hidrológica de los cauces.

## VIII.- BIBLIOGRAFÍA

- Barnolas, M y Llasat, M. (2005). Aplicaciones de una herramienta SIG en el estudio de las inundaciones en Catalunya 1901-2000. Revista Aficionado a la Meteorología pp. 28
- Barredo, J. (1996). Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la evaluación del territorio. ISBN 84-7897-230-7. Editorial Rama-Madrid, España.
- Barrenechea, J., *Gentile.E.*, González, S., Natenson, C. (2003). Una propuesta metodológica para el estudio de la vulnerabilidad social en el marco de la teoría social del riesgo. En entorno de las metodologías abordajes: cualitativos y cuantitativos. Buenos Aires, Proa XXI. ISBN 987-1111-1-9-pp 179-196.
- Beraud, J. (1997). Interacción sociedad-naturaleza en Mazatlán, Sinaloa. En Región y Sociedad Vol. 8. Numero13-14.
- Beraud, J., Covantes.C., Beraud, I. (2007). Construcción social de las condiciones de riesgo en Mazatlán, Sinaloa. Revista Electrónica Zacatecana sobre Población y Sociedad. Año 7. Tercera. Numero 31. Septiembre-Diciembre 2007
- Beraud, J., Covantes.C., Beraud, I. (2009). Vulnerabilidad socio ambiental en Mazatlán, México. En Cuadernos Geográficos. Numero 45 pp31-62
- Castañeda, S, y Guardado, R. (2006). Zonación ingeniero geológica de peligrosidad riesgo por inundación del territorio de Sagua de Tanamo. En Minería y geología. Número 2. Volumen 22.
- CENAPRED. (2006). Guía básica para la elaboración de atlas estatales y 3: Introducción municipales de peligros y riesgos. Evaluación de la vulnerabilidad física y social. Serie Atlas Nacional de Riesgos. Secretaría de Gobierno
- CENAPRED. (2010). Gestión integral de riesgos de desastre. Serie Atlas Nacional de Riesgos. Secretaría de Gobierno.

- CONAGUA. (2011). Plan Operativo de Inundación de la ciudad de Mazatlán, Sinaloa. Organismo de Cuenca Pacífico Norte
- COSUDE. (2002). Instrumentos de apoyo para el Análisis y la Gestión de Riesgos Naturales, en el ámbito municipal de Nicaragua. Guía para el especialista. Programa de Prevención de Desastres Naturales en América Central. Managua, Nicaragua.
- Davis, B. (1996). Gis a visual approach. ISBN 1-56690-098-0. On Word Press
- Degioanni, A., Cisneros, J., Rang, S. (2001) Teledetección y SIG para la gestión hidrológica del territorio. En Revista de Teledetección. Número 15. pp. 1-6
- Di Bella, C., Posse, G., Beget, M., Fisher, M., Mari.N., Veron, S. (2008). INDECI (2003). La teledetección como herramienta para prevención, seguimiento y evaluación de incendios e inundaciones. En ecosistemas 2008. Número 003. Volumen 17. Asociación Española de Ecología terrestre Pp. 39-52.
- Diario oficial de la Federación. (2008<sub>1</sub>) ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas hidrológicas del Río Quelite 1 y Río Quelite 2, mismos que forman parte de la porción de la Región Hidrológica Denominada Río Quelite. Martes 8 de enero de 2008
- Diario oficial de la Federación. (2008<sub>2</sub>) Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas hidrológicas del Río Presidio 1 y Río Presidio 2, mismos que forman parte de la porción de la Región Hidrológica Denominada Río Presidio. Martes 8 de enero de 2008
- Diario oficial de la Federación. (2009) Acuerdo por el que se da a conocer la ubicación geográfica de 371 acuíferos del territorio nacional, se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de 282 acuíferos, y se modifica, para su mejor precisión, la descripción geográfica de 202 acuíferos. Viernes 28 de agosto de 2009
- Diario oficial de la Federación. (2010) Fondo para desastres naturales. Tomo DCLXXXVII No. 3. A 3 de diciembre del 2010

- Diez, A., Llorente, M., Antonio, J., Ruiz, V. (2009). Riesgos por avenidas e inundaciones fluviales. Enseñanza de las ciencias de la tierra. Vol 17 No 3. Pp. 254-263
- Eastman, J. (2006). IDRISI Andes. Guide to Gis and Image Processing Worcester, MA. USA, Clark University/ Clark Labs Manual version 15.00. 328 pp
- ESRI. (1990). Environmental Systems Research Institute, inc. Understanding GIS the Arc /info Method.
- Franco, F. (2010). Respuestas y propuestas ante el riesgo de inundación de las ciudades colombianas. Revista de Ingeniería. Universidad de los Andes. Bogotá, Col. 2010. Número 32. pp 97-108.
- Garnica, R., y Alcántara, I. (2004). Riesgos por inundación asociados a eventos de precipitación extraordinaria en el curso bajo del río Tecolutla, Veracruz Investigaciones Geográficas. 2004. Número 055. UNAM. Pp. 23-45.
- González, A. (2004). Análisis morfométrico de la cuenca y de la red de Riesgos drenaje del río Zadorra y sus afluentes aplicados a la peligrosidad de crecidas En Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles. Número i38, pp311-329.
- Gómez, M. y Barredo, J. (2005). Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. Madrid-España 2e Ed. Alfaomega-Rama
- Hansen, H. (2005). GIS-based Multi-criteria Analysis of wind farm development. ScanGis 2005. Stockholm, Swedown, Department of Planning and Environmental.
- IMPLAN. (2011). Atlas de riesgos naturales para el municipio de Mazatlán Sinaloa. 2011. Instituto Municipal de Planeación Mazatlán. H. Ayuntamiento del Municipio de Mazatlán 2011. 2011-2013, 95 p.
- INEGI. (2001). Diccionario de Datos de Hidrología Superficial, escala 1:250000 y 1:1000 000 (vectorial), Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes, México.

- INEGI. (2008). Cartografía de humedales potenciales de México, escala 1:250 000. Manual descriptivo. Dirección General de Geografía. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes, México.
- INEGI. (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Mazatlán Sinaloa. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes, México.
- INEGI, ( 2010). Censo de Población y Vivienda 2010.
- Jiang, H. y Eastman, R. (2000). Application of fuzzy in multi-criteria evaluation in GIS. En International Journey Geographical Information Science. Vol.14.numero 2, pp. 173-184
- Longwell, C y Flint, R. (1981). Geológico físico. LIMUSA –México ISBN 968-18-0477-5
- Llorente. M., Diez, A., Lain, L. (2009). Aplicación de los SIG al análisis y gestión de riesgo de inundaciones: avances recientes. Cuadernos de la Sociedad Españolas de Ciencias Forestales. 2009. Número 29. pp. 29-37.
- Manson, R., Jardel, E., Jiménez, M., Escalante, C. (2009). Perturbaciones y desastres naturales: impactos sobre las ecorregiones, la biodiversidad y el bienestar. En Capital natural de México. Vol. II: estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio pp. 131-184.
- Mardones, M. y Vidal, C. (2004). La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción. En Revista Latinoamericana de estudios urbanos regionales. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago. Vol.27, n.81
- Menoni, S. (2008). Medidas no estructurales de prevención desde la reducción de la vulnerabilidad física hacia el ordenamiento urbanístico. En Evaluación y prevención de riesgos ambientales en Centroamérica Andrés, P y Rodríguez, R. (Eds) ISBN 978-96742-37-6.Documenta Universitaria, Girona España
- Montecelos, Y., Batista, D., Ramon, A., Zaldívar, N., Batista, Y. (2011). Diseño metodológico para la elaboración de mapas de peligrosidad por

- inundaciones. En Geografía y sistemas de Información geográfica (GEOSIG). Revista digital. ISSN 1852-8031. Año número 3. Pp 32-42.
- Montoya, G., Hernández, J., Castillo, M., Diaz, D., Velazco, A. (2008). Vulnerabilidad y riesgos por inundación en San Cristóbal de las Casas, Chiapas. En Estudios demográficos y urbanos 2008. Número 001. Volumen 23. El Colegio de México, pp. 83-122.
- OEA. (1993). Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado. Organización de los Estados Unidos Americanos Washington, D.C.
- Ordoñez, C y Martínez. R. (2003). Sistemas de información geográfica. Aplicaciones prácticas con IDRISI 32 al análisis de riesgos naturales y problemas ambientales. España Ed: RA-MA ISBN: 84 7897-543-8
- Orlando, G., Selicato, F., Torre, C.(2005). The use of GIS as tool to support risk assessment. En: Editor: Petrus Johannes María Van Oosterom; Siyka Zlatanova; Elfriede M. Geo-information for disaster management. Netherlands springer PP. 1381-1399
- Peña, J. (2008). Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio. ISBN 84-8454-767-9. Editorial Club Universitario. Imprenta Gamma.
- Plan Municipal de Desarrollo. (2011-2013). H Ayuntamiento del municipio Mazatlán, Sinaloa, Mazatlán, Sinaloa. México 153 pp.
- Ribera, L. (2004). Los mapas de riesgo de inundaciones: representación de la vulnerabilidad y aportación de las innovaciones tecnológicas. Doc. Anál Geogr. 2004. Número 43. Pp153-171
- Rodríguez, J. (2007). La Conformación de los Desastres Naturales. Construcción Social del Riesgo y Variabilidad Climática en Tijuana, B.C. Frontera de la Norte Número 37. Volumen 19. Colegio de la Frontera Norte, PP. 83-112
- Romero, G. y Maskrey, A. (1993) Como entender los desastres naturales En Los desastres no son naturales. Maskrey, A. Comp. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina.

- Saaty, T. (1977). .A scaling Method for priorities in Hierarchical Structures. J. Math. Psychological, 15: 234 -281.
- Saaty, T. (1980).The Analytical Hierarchy Process. McGraw- Hill. New York.
- Salgado, R. (2005). Análisis integral del riesgo a deslizamientos e inundaciones en la microcuenca del río Gila, Copán, Honduras. Tesis de maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Costa Rica
- Seguinot, J., Batista, L., Sánchez, M. (2008). Evaluación de riesgos por inundaciones en los municipios de Carolina y Loiza, Puerto Rico. En Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de Información Geográfica. Numero 8, pp.115-183
- Serna, C. (2011). La naturaleza social de los desastres asociados a inundaciones y deslizamientos en Medellín (1930-1990). Historia crítica. Número 43. Pp.198-223
- Song, S., Zhang, B., Feng, W., Zhou, W.(2006).Using fuzzy relations and GIS method to evaluate debris flow hazard. En Wuhan University Journal of Natural Sciences. Vol. 11.No 4.pp 875-881
- Vidal, C., Lagos, L., Espinoza, J., Arancibia, V., Yañez, M. (2001) Aportes al ordenamiento territorial urbano: Evaluación de Evaluación de riesgos naturales en Concepción y aplicación de SIG. En Urbano de REDALYC Año/vol. 4.Número 005. Universidad del Biobío Concepción Chile. pp. 56-62
- Wilches, G. (1993). Vulnerabilidad global. En Los desastres no son naturales. Maskrey, A. Comp. Red de estudios sociales en prevención de social de desastres en América Latina
- Zavoianu, I. (1985). Morphometry of drainage basins. Editura academiei, Bucarest, Rumania

## CONSULTAS ELECTRÓNICAS

Basterra, N., et al. (2008). Evaluación del riesgo ambiental por inundación con SIG del valle fluvial del Río Paraná próximo a los núcleos urbanos de resistencia y corrientes. ISBN 978-1366-23-1. Libro de resúmenes. 1 y 2 de octubre. Tucumán Argentina. Consulta en [www.ign.gov.ar/descarga/sig/publicacionepdf/27.pdf](http://www.ign.gov.ar/descarga/sig/publicacionepdf/27.pdf) consultado el 12 de octubre del 2010.

Sánchez, M y Batista, L. (2005). Evaluación del peligro y vulnerabilidad ante la ocurrencia de inundaciones. Cuenca del Cauto. Cuba. IGT. En: [www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id\\_articulo=945](http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=945). Consultado 22 de septiembre 2011.

<http://ing.unne.edu.ar/dep/eol/fundamento/tema/T11p.pdf>. Consultado el 11 de noviembre de 2012.

Cardona, O. (2006). Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo “Elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo. Consulta en [www.cardique.gov.co/public/userFiles](http://www.cardique.gov.co/public/userFiles) 23 de abril del 2011.

<http://mapserver.inegi.org.mx/geografia/espanol/prodyserv/iris/html/informacionesp ecializada/proyhidrologia.cfm>. 14 mayo 2012)

<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?src=487&e=25>

[www.eclac.org/noticias/paginas/4/35494/DALA\\_\(ECLAC\)\\_HANDBOOK\\_FRENCH H\\_VERSION.pdf](http://www.eclac.org/noticias/paginas/4/35494/DALA_(ECLAC)_HANDBOOK_FRENCH_H_VERSION.pdf). Consultado 5 de septiembre del 2012.

[http://www.eclac.cl/ddsah/mdn/cd/material/met\\_02.pdf](http://www.eclac.cl/ddsah/mdn/cd/material/met_02.pdf). Consultado el 11 de noviembre de 2012).

Godchild.M. (1997) NCGIA Core Curriculum in Geographic Information Science. University of California Santa Barbara En <http://www.ncgi.ucsb.edu/giscc/unitsu002/u002.html>- consultado 5 de noviembre 2011

<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/sisnav/default.aspx?proy=cem&edi=2008&ent=25012>

[http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=351](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351) Consultado 4 de septiembre 2012

[http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/geografia/publicaciones/guiascarto/edafo/EdafIII.pdf](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/geografia/publicaciones/guiascarto/edafo/EdafIII.pdf)[http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/geografia/publicaciones/guiascarto/edafo/EdafIII.pdf](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/geografia/publicaciones/guiascarto/edafo/EdafIII.pdf) Consultado Junio 2012.

<http://antares.inegi.org.mx>, de donde se obtuvieron los datos. Consultado 7 septiembre 2012