



U N I V E R S I D A D D E L M A R
Campus Puerto Ángel

**"ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD EN LA SUBCUENCA DEL
MUNICIPIO DE SANTA MARÍA TONAMECA, OAXACA ANTE
INUNDACIONES (2000-2010)"**

T E S I S

Que para obtener el Título Profesional de Ingeniero
Ambiental:

Presenta:

Julián Vidal Silva

Directora:

M.C. Mayra Mendoza Gómez



Puerto Ángel, Oaxaca 2014

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

Después de haber realizado una cuidadosa revisión del trabajo de la tesis titulado "ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD EN LA SUBCUENCA DEL MUNICIPIO DE SANTA MARÍA TONAMECA, OAXACA ANTE INUNDACIONES (2000-2010)", presentada por el pasante de Ingeniería Ambiental: Julián Vidal Silva; los abajo firmantes, integrantes de la H. Comisión Revisora de esta tesis, consideramos que el trabajo cumple con los requisitos de forma y calidad académica, necesarios para ser presentada públicamente en el correspondiente examen profesional.

COMISIÓN REVISORA

M. en C. Mayra Mendoza Gómez
Directora de tesis

M.A.I.A. Eduardo Juventino Ramírez Chávez
Revisor

Dr. Eustacio Ramírez Fuentes
Revisor

Dr. Edgar Robles Zavala
Revisor

M. en C. José A. Montoya Márquez
Revisor

Dedicada a:

Especialmente a mi padre Eduardo y mi madre Teresa

AGRADECIMIENTOS

A mis hermanos Gabriela, Felipe, Guadalupe y Eduardo que me alentaron siempre para continuar, y de los cuales me encuentro sumamente orgulloso de ser su hermano. También agradezco a mi abuela, tíos y primos que humildemente con sus manos araron, tejieron y tuvieron que estudiar para sacar a la familia adelante. A mis sobrinos inquietos Karla, Michel, Gamaliel, Maximiliano e Ignacio los cuales siempre otorgan sonrisas.

A mi directora con la cual pude comunicarme muy bien y que me ofreció su confianza y esfuerzos para mejorar la tesis. También agradezco a mis revisores Eduardo, Tacho, Edgar, Alberto que aportaron sus ideas para mejorar y me apoyaron a la revisión de mi documento. Agradezco al Dr. Juan Narciso Ojeda Cárdenas, que de manera indirecta se tomo el tiempo para hacer correcciones oportunamente y puntual en la estructura y redacción de mi trabajo.

A mis maestros a los cuales admiro y de los que pude recibir muchas enseñanzas tanto escolarmente como en mi vida personal. También al Inge y amigo, David Tello que admiro y he aprendiendo *enormemente los últimos meses...* Gracias de verdad mano.

A mis compañeros de grupo Faustino, Mayra, Ana por compartir 5 años a su lado. Agradezco también infinitamente a mis amigos de los cuales siempre aprendí y compartí momentos inolvidables y de los cuales tengo una lista grande de agradecimientos e historia que escribir aun.

Faustino y la familia Canseco, La familia de Cupe y Mary, Carlos Fermín, Noel Espinoza, Efraín y Cesar Miranda, Censar Ponce, Alan Marcial, Alfredo Alonso, Olmo y Manuel Fernández, Danilisqui, al Mauu levet, Rafilla y Rafa, Olan, El abuelo, al valedor, a el tío mayonesa y Carlos López .

La Bere, Rózsa, La María, La Susana y su hijo, Shannon, Cecilia Velázquez, a la señora Paty y su Sam, Alicia Soriano, Clara Escamilla, Gloria, Zury, Gaby Cuevas, Irisienta para que se sienta, Laura Penagos, Casquito, Karen, Mayra, Rita la que te irrita y finalmente Erika de la Luz pucheritos junto con la bandita Erwines que me ha brindado su apoyo extraordinario. *Y a todos los que me faltó mencionar y que en algunas ocasiones sin conocerme o esperar algo a cambio de mí parte, decidieron apoyarme y estrecharon su mano...Y como dice el Manolo hay que seguir para continuar.* El camino anegado

ÍNDICE

RESUMEN	1
CAPITULO I: ANÁLISIS TEÓRICO	4
1.1-Introducción	5
1.2-Marco teórico	7
1.3-Antecedentes	10
<i>1.3.1- Vulnerabilidad ante inundaciones</i>	10
1.4-Justificación.....	11
1.5-Hipótesis.....	11
1.6-Objetivos	12
<i>1.6.1-General</i>	12
<i>1.6.2-Particulares</i>	12
CAPITULO II: DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	13
2.1-Localización	14
2.2-Hidrografía	15
2.3-Clima	16
2.4-Precipitación.....	17
2.5-Geología, usos y tipos de suelo	18
2.6-Riesgo e inundaciones.....	20
CAPITULO III: DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA	23
3.1-Descripción general del método.....	24
3.2-Mapas temáticos y bases de datos	25
3.3-División de la zona.....	25
3.4-Estimaciones hidrológicas.....	26
<i>3.4.1-Parámetros de forma</i>	27
<i>3.4.2- Parámetros de relieve</i>	28
<i>3.4.3- Parámetros de red de drenaje</i>	29
3.5- Inundación (ANEXO 4, 5 y 6)	31
<i>3.5.1- Distribución geográfica y evolución temporal de las lluvias</i>	31

3.5.1.1- <i>Calculo de Intensidad de lluvia</i>	32
3.5.1.2- <i>Uso de suelo</i>	33
3.5.1.3- <i>Calculo de coeficiente de escurrimiento</i>	33
3.5.1.4- <i>Calculo de gasto</i>	34
3.5.2- <i>Simulación de inundación en subcuenca</i>	34
3.6-Dimensiones socioeconómicas de marginación y rezago (ANEXO 7).....	35
3.6.1- <i>Dimensión de población</i>	35
3.6.2- <i>Dimensión de educación</i>	36
3.6.3- <i>Dimensión de disponibilidad de bienes</i>	36
3.6.4- <i>Dimensión de vivienda</i>	37
3.7-Identificación de zonas, localidades y población vulnerable	38
CAPITULOS IV: RESULTADOS	39
4.1-Hidrología y zonas inundables	40
4.2-Dimensiones socioeconómicas	52
4.2.1 <i>Población</i>	52
4.2.2- <i>Educación</i>	53
4.2.3- <i>Disponibilidad de bienes</i>	55
4.2.4- <i>Vivienda</i>	57
CAPITULO V: DISCUSIÓN	60
5.3-Zonas de vulnerabilidad.....	61
CAPITULO VI: CONCLUSIONES	68
CAPITULO VII: PROPUESTAS	70
7.1- Propuesta de manejo en subcuencas	71
CAPITULO VII: BIBLIOGRAFÍA	72
CAPITULO VIII: ANEXOS	76

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. <i>Macro localización y Micro localización</i>	14
FIGURA 2. <i>Micro localización, subcuencas y ríos más importantes de Tonameca.</i>	15
FIGURA 3. <i>Mapa climático de Santa María Tonameca.</i>	17
FIGURA 4. <i>Mapa de precipitación de isoyetas para el Municipio de Santa María Tonameca</i>	18
FIGURA 5. <i>Características geológicas para el Municipio de Santa María Tonameca</i>	19
FIGURA 6. <i>Usos y tipos de suelo de Santa María Tonameca</i>	20
FIGURA 7. <i>Porcentaje de desastres naturales climáticos en Oaxaca.</i>	21
FIGURA 8. <i>Metodología propuesta para el análisis de vulnerabilidad.</i>	25
FIGURA 9. <i>División de la zona de estudio en subcuencas</i>	26
FIGURA 10. <i>Distribución de gasto en el tiempo para diferentes formas de subcuencas</i> ...	27
FIGURA 11. <i>Descripción de las variables utilizadas, ITER 2000-2010.</i>	35
FIGURA 12. <i>Parámetros de forma.</i>	42
FIGURA 13. <i>Parámetros de relieve</i>	42
FIGURA 14. <i>Curvas Hipsométricas de subcuencas en Santa María Tonameca.</i>	44
FIGURA 15. <i>Parámetros de red de drenaje.</i>	44
FIGURA 16. <i>Tipos de usos de suelos combinando cuatro clasificaciones</i>	50
FIGURA 17. <i>Zonas inundables, ríos y poblaciones para los años 1997-2012.</i>	52
FIGURA 18. <i>Áreas de mayor porcentaje de indicador de población</i>	53
FIGURA 19. <i>Crecimiento geográfico de dimensión de población en Tonameca.</i>	53
FIGURA 20. <i>Áreas de mayor porcentaje para los indicadores de Población sin primaria y analfabeta</i>	54
FIGURA 21. <i>Crecimiento geográfico de la dimensión de educación en Tonameca</i>	55
FIGURA 22. <i>Área de mayor porcentaje para el indicador de VPH sin refrigerador</i>	56
FIGURA 23. <i>Crecimiento geográfico de la dimensión de disponibilidad de bienes en Tonameca</i>	56
FIGURA 24. <i>Áreas de mayor porcentaje para los indicadores de Vivienda I.</i>	57
FIGURA 25. <i>Áreas de mayor porcentaje para los indicadores de Vivienda II</i>	58
FIGURA 26. <i>Crecimiento geográfico de la dimensión de vivienda en Tonameca</i>	59
FIGURA 27. <i>Análisis del cambio de indicadores en la subcuenca de Tonameca.</i>	67

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1.1. <i>Resultados de gasto para el cauce principal de Santa María Tonameca...</i>	46
CUADRO 1.2. <i>Resultados de áreas para calcular Ce; Franco Arenosa=FA, Franco Arcillosa Limosa =FAL.....</i>	47
CUADRO 1.3. <i>Mapas temáticos y bases de datos</i>	77
CUADRO 1.4. <i>Listado de bases de datos para calcular los indicadores de marginación y modelo de inundación.....</i>	77
CUADRO 2.1. <i>Ecuaciones de morfometría.....</i>	78
CUADRO 2.2. <i>Variables morfométricas de forma, relieve y red de drenaje</i>	80
CUADRO 3.1. <i>Variables utilizadas para calcular la intensidad</i>	81
CUADRO 3.2. <i>Método de distribución probabilística Gumbel</i>	82
CUADRO 3.3. <i>Precipitación diaria con T=10, y T=100.....</i>	82
CUADRO 4.1. <i>Precipitación diaria mensual de la subcuenca de Tonameca (xi).....</i>	83
CUADRO 4.2. <i>Periodos de retorno (TR), factores (R) de la zona y Constantes.....</i>	83
CUADRO 4.3. <i>Ecuaciones para evaluar la intensidad de lluvia (I).....</i>	84
CUADRO 5.1. <i>Variables de Ce</i>	85
CUADRO 5.2. <i>Constantes del Coeficiente de escurrimiento (Ce) en zona de estudio</i>	85
CUADRO 5.3. <i>Ecuaciones para evaluar el Coeficiente de escurrimiento (Ce), en subcuencas rurales</i>	85
CUADRO 6.1. <i>Variables de gasto (Q).....</i>	86
CUADRO 6.2. <i>Ecuación para evaluar el gasto (Q)</i>	86
CUADRO 7.1. <i>Variables de indicadores de marginación</i>	87
CUADRO 7.2. <i>Ecuaciones de indicadores de marginación</i>	88

RESUMEN

El agua representa uno de los recursos naturales más importantes y a su vez preocupantes a nivel mundial. En la actualidad existen problemas desde la escasez del recurso hasta problemas referentes con su mal manejo. Por ejemplo en México y Mali ambos países cuentan con el recurso natural, existe un contexto diferente y hay una mala gestión y poca gobernabilidad del recurso, en consecuencia al mismo tiempo se dan inundaciones y desabasto del recurso.

En México los eventos hidrometeorológicos extremos, tales como inundaciones o huracanes abarcan principalmente las zonas costeras del centro y sur del país, siendo estas últimas las que representan menor capacidad para hacerles frente.

Las inundaciones en México son más ocurrentes que ningún otro desastre, esto principalmente por el desarrollo mal localizado y acelerado de las comunidades. Aumentando el factor de riesgo a medida que se suman coeficientes de pobreza o la falta de información.

La apropiación de los recursos naturales por parte del Estado induce a prácticas poco responsables sobre los mismos. El incentivo que promueven la mayoría de los programas y acciones de gobierno inducen a ser vistos bajo un beneficio económico tanto de los que promueven como de quienes los adquieren.

La administración basada en políticas públicas y dirigida en programas y acciones sobre zonas "marginadas", representan la ingobernabilidad de los recursos hídricos.

Como consecuencia de tal ingobernabilidad de los recursos hídricos y de la mala gestión de los mismos se tienen a las inundaciones como fenómenos que pueden afectar con altos costos en cuanto a pérdidas humanas y económicas se refiere.

Como alternativa e instrumento jurídico ambiental, el Ordenamiento Territorial regula e induce las aptitudes de un sitio para su mejor aprovechamiento. Bajo el esquema de vulnerabilidad, se buscará gestionar tales aptitudes.

Existen herramientas de legislación ambiental que pueden dar cabida a mejorar el crecimiento en las poblaciones, como el ordenamiento territorial y el desarrollo comunitario. Éstas representan un reto desde una perspectiva transdisciplinaria, tanto de prioridades sociales, económicas y ambientales, y en las que se requiere atención y participación de la sociedad. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), como instrumentos del ordenamiento territorial son utilizados en diferentes esferas del conocimiento. Obteniendo resultados claros, en la forma que se representan y objetivos en cuanto a lo que persiguen. El presente trabajo, por tanto busca dar a conocer sobre qué subcuencas y localidades se podrían implementar mejoras tanto hidrológicas y socioeconómicas que ayuden a disminuir impactos por el fenómeno de inundación

La presente investigación correspondiente consistió en encontrar zonas vulnerables mediante indicadores de marginación y rezago; a partir de los datos disponibles y una caracterización morfométrica por subcuenca. (Descripción de la red de drenaje, relieve y forma) Bajo el esquema del uso de las herramientas geoespaciales aplicadas en los SIG.

A partir del análisis geoespacial hidrológico y de indicadores que se hizo con los programas *ArcGis 10.1*, *Global Mapper 12* e *HidroEsta* se dividió la zona en ocho subcuencas, analizándose las de mayor importancia en cuanto a sus características morfométricas e indicadores socioeconómicos. Con base a sus características morfométricas se encontró que las subcuencas del Popoyote y Tonameca son los que tienen más riesgo de sufrir inundaciones

Los indicadores de marginación y rezago fueron convenientemente agrupados para su mejor entendimiento mediante dimensiones socioeconómicas (Población, Educación, Vivienda, Bienes disponibles). Para el año 2000 las áreas con los valores más elevados en los indicadores abarcaron las subcuencas de Valdeflores, Arroyo Arena, Cozoaltepec, La Puerta y Arroyo Mal Paso. Para el año 2010 las áreas con los valores más altos, abarcaron nuevamente las subcuencas de Cozoaltepec, La puerta y Mal Paso. A partir de un estudio del año 1995 donde se evaluó el IVS (Índice de Vulnerabilidad Social) siendo esta una medida resumen, se corroboraron los resultados obtenidos en la presente investigación en

cuanto a que los valores más altos caen dentro de estas mismas zonas y que habla de zonas con menor capacidad de recuperación ante un desastre natural.

Así mismo se obtuvieron las áreas que más aumentaron en porcentaje respecto a su indicador (años 2000 y 2010). Estas áreas abarcaron las subcuencas de Valdeflores, Cozoaltepec, el Popoyote y Tonameca, lo cual nos refiere de que los sistemas están pasando a ser sistemas más frágiles.

Definidas las subcuencas que más han cambiado más en sus indicadores y que tienen condiciones morfométricas favorables a inundaciones, se llevó a cabo la simulación de distribución de agua en la subcuenca de Tonameca (dado los datos disponibles de lluvia y los cambios significativos en indicadores), con ayuda de la extensión *Hec-GeoRas de ArcGis 10.1*. En el marco de la vulnerabilidad, obtenidas las áreas con mayores aproximaciones a inundación se sugieren algunas propuestas de manejo de cuencas y puntos de referencia para atención prioritaria ante eventos de inundación.

Palabras Clave: Cuenca hidrológica, vulnerabilidad, indicadores, inundaciones