



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

INSTITUTO DE CIENCIAS

POSGRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES



"La tierra no es de nosotros, nosotros somos de la tierra"

ANÁLISIS DE RIESGO AMBIENTAL EN TORNO AL HUMEDAL BARRA DE TECOANAPA, GUERRERO

TESIS

Que para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS AMBIENTALES

Presenta

MAURO ESTEBAN GARCÍA SALAS

Director de tesis:

Dr. Miguel Ángel Valera Pérez

Noviembre 2016



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

INSTITUTO DE CIENCIAS

POSGRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES



“La tierra no es de nosotros, nosotros somos de la tierra”

ANÁLISIS DE RIESGO AMBIENTAL EN TORNO AL HUMEDAL BARRA DE TECOANAPA, GUERRERO

TESIS

Que para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS AMBIENTALES

Presenta

MAURO ESTEBAN GARCÍA SALAS

Comité tutorial:

Director	Dr. Miguel Ángel Valera Pérez
Codirectora	Dra. América Libertad Rodríguez Herrera
Integrante Comité Tutorial	Dra. María Guadalupe Tenorio Arvide
Integrante Comité Tutorial	Dra. Sonia Emilia Silva Gómez

Noviembre 2016



BUAP

“60 Aniversario de la Autonomía Universitaria”

C. MAURÓ ESTEBAN GARCÍA SALAS

Por este conducto me permito comunicarle que los miembros del jurado integrado por:

<i>Dra. María del Socorro Fuentes Andrade</i>	<i>Presidente</i>
<i>Dr. Edgardo Torres Trejo</i>	<i>Secretario</i>
<i>Dra. Sonia Emilia Silva Gómez</i>	<i>1er. Vocal</i>
<i>Dra. Edith Chávez Bravo</i>	<i>2do. Vocal</i>
<i>Dra. María Guadalupe Tenorio Arvide</i>	<i>Suplente</i>

designado para la defensa de su tesis “Análisis de riesgo ambiental en torno al humedal Barra de Tecoanapa, Guerrero” han manifestado mediante su voto que ésta cumple con los méritos suficientes para ser defendida como tesis de grado de Maestría en Ciencias Ambientales, por lo que este Posgrado le autoriza la impresión de la misma.

Sin otro asunto en lo particular, quedo de usted.

ATENTAMENTE

“PENSAR BIEN, PARA VIVIR MEJOR”

H. PUEBLA DE Z., NOVIEMBRE 11 DE 2016

DR. RICARDO DARIÓ PEÑA MORENO
SECRETARIO ACADÉMICO



RDPM/anma
c.e.p. Archivo
c.e.p. Minutario



Posgrado en Ciencias Ambientales
Instituto de Ciencias (ICUAP)

Edificio IC6,
Ciudad Universitaria,
Col. San Manuel, Puebla, Pue. C.P. 72570
01 (222) 229 55 00 Ext. 7056

“Una ecología integral requiere apertura hacia categorías que trascienden el lenguaje de las matemáticas o de la biología y nos conecta con la esencia de lo humano.”

“El mundo es algo más que un problema a resolver, es un misterio gozoso que contemplamos con júbilo.”

S.S. Francisco

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría comenzar agradeciendo a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla que a través del Instituto de Ciencias y en particular al Posgrado en Ciencias Ambientales, puesto que gracias a colaboración de muchas personas y al cumplir su misión institucional, es posible la culminación de mi formación como Maestro en Ciencias Ambientales.

En gran medida el presente trabajo de tesis se realizó gracias al apoyo del programa de becas nacionales y de movilidad en el extranjero del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT.

Un agradecimiento de forma especial al Dr. Miguel Ángel Valera y Dra. María Guadalupe Tenorio que con su guía, soporte y experiencia dieron forma a un mar de ideas que tenía en mente. A las Dras. Sonia Silva y América Rodríguez que con sus siempre acertadas aportaciones enriquecieron este trabajo. A las Dras. Socorro Fuentes, Edith Chávez y al Dr. Edgardo Torres por su tiempo y ayuda a complementar y aumentar el valor académico de este estudio.

A mis padres Mauro y Guadalupe por sus enseñanzas y el gran e incondicional apoyo que me han brindado en todas las etapas y decisiones en mi vida. A mi hermano Cesar y el resto de mi familia que han confiado en mí, de igual forma me han apoyado y son la razón de mi esfuerzo día a día.

A mis compañeros y amigos del posgrado, especialmente a Claudia, Robinson, Ana Belén, Xasia, Maricarmen, Jessica y Gerardo; a todos por el aprendizaje intercambiado dentro y fuera de las aulas, así como todos los momentos compartidos que sin duda fomentaron a la culminación de la presente.

Tabla de contenido

1. Introducción	1
1.1. Riesgos Ambientales	1
1.1.1. Riesgo, exposición al peligro y evaluación de riesgos	1
1.1.2. Los riesgos ambientales	2
1.1.3. Percepción de riesgos	3
1.1.4. Manejo de riesgos en México	4
1.2. Geoética	4
1.3. Cuencas hidrográficas en México	5
1.3.1. Cuencas hidrográficas	5
1.3.2. Cuenca del Río Quetzala	6
2. Descripción de la zona de estudio	8
2.1. Cuenca del río Quetzala	8
2.1.1. Ubicación	8
2.2. Aspectos abióticos	9
2.2.1. Caracterización climática	9
2.2.2. Geología y morfología	9
2.2.3. Características y uso del suelo	9
2.3. Aspectos bióticos	9
2.3.1. Vegetación	9
2.3.2. Fauna	10
2.4. Aspectos socioeconómicos	10
2.4.1. Demografía	10
2.4.2. Economía	10
2.4.3. Aspectos culturales	11
3. Planteamiento del problema	12
3.1. Problema de investigación	12
3.2. Justificación	13
3.3. Marco legal	15
3.4. Hipótesis y Objetivos	16
3.4.1. Hipótesis	16
3.4.2. Objetivo general	16
3.5. Antecedentes	16
3.5.1. La evaluación de riesgos ambientales	16
3.5.2. La cuenca del río Quetzala como Región Hidrológica Prioritarias de Conservación	17
3.6.3. Sismos	21
3.6.4. Tormentas tropicales	22
3.6.5. Intrusión marina y eutrofización	22
3.6.6. Deslaves	23
4. Materiales y métodos	24
4.1. Evaluación de la hidrografía	24
4.1.1. Delimitación de la cuenca del río Quetzala	24
4.2. Elaboración de mapas base	24

4.2.1. Mapa de elevaciones, vegetación y geológico.....	24
4.3. Evaluación climática	24
4.3.1. Elaboración de mapas de efectos climáticos.....	26
4.3.2. Elaboración de climogramas.....	26
4.4. Caracterización sísmica.....	26
4.4.1. Elaboración de mapas de epicentros sísmicos y de fallas geológicas	26
4.4.2. Estimación de riesgo sísmico	27
4.5. Análisis de eutrofización.....	27
4.5.1. Técnica ERFCA.....	27
4.6. Estimación de riesgo de deslave.....	28
4.6.1. Mapa de pendientes	28
4.6.2. Suelo.....	29
4.7. Estimación de riesgo por impacto de fenómenos meteorológicos.....	29
4.7.1. Amenaza por huracanes	29
4.8. Estimación de riesgo por intrusión marina	30
4.8.1. Balance hidrológico	30
4.9. Percepción de riesgo.....	30
5. Resultados y discusión	31
5.1. Sismos	31
5.2. Huracanes.....	32
5.3. Deslaves.....	33
5.3.1 Caracterización geológica	33
5.3.2 Hidrografía y clima	35
5.4. Eutrofización.....	38
5.5. Intrusión Marina.....	39
5.6. Percepción de riesgo.....	40
6. Conclusiones y recomendaciones	42
6.1. Conclusiones.....	42
6.2 Recomendaciones	43
Bibliografía.....	44
Anexo A Climogramas de las Estaciones Meteorológicas	A
Anexo B Mapa de Elevaciones	F
Anexo C Mapa de Pendientes	G
Anexo D Mapa De Elevaciones y Fallas Tectónicas	H
Anexo E Mapa de Fallas Geológicas y Sismos	I

Tabla de figuras y tablas

<i>Figura 1 . Evaluación de riesgos.....</i>	<i>1</i>
<i>Figura 2. Placas tectónicas de México.....</i>	<i>3</i>
<i>Figura 3. Cuencas Hidrograficas de México.....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 4. Ubicación de la cuenca del río Quetzala en el territorio mexicano.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 5. Regiones Hidrológicas Prioritarias.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 6. Regiones Marinas Prioritarias. Fuente CONABIO 2012.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 7. Posición de la interfaz teórica.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 8. Ubicación de las estaciones meteorológicas.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 9. Fallas Tectónicas y epicentros sísmicos en la cuenca del río Quetzala, Extraído del Anexo A.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 10. Histórico de precipitaciones ocasionadas por Huracanes de 1950 al 2008.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 11. Mapa de tipos de suelo.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 12. Mapa de precipitaciones.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 13. Mapa de temperaturas.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 14. Climogramas de cuatro estaciones representativas.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 15. Comparación de valores estimados y valores de referencia con la técnica ERFCA y la NOM-001-SEMARNAT-2016.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 1. Lista de Regiones Hidrológicas Prioritarias. Fuente CONABIO, 2012.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 2. Coordenadas Geográficas UTM de las Estaciones Meteorológicas.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 3. Formato para la técnica de ERFCA para usos domesticos.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 4. clasificación de Pendientes (Lugo, 1988).....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 5. Resultados de la técnica ERFCA.....</i>	<i>38</i>

1. Introducción

1.1. Riesgos Ambientales

1.1.1 Riesgo, exposición al peligro y evaluación de riesgos

De forma general, riesgo es la probabilidad de que ocurra algo con consecuencias negativas (EPA, 2001). Las personas, así como los ecosistemas nos enfrentamos día a día a diferentes riesgos. Peligro se define como una situación potencial a causar un daño, mientras que la exposición a situaciones de peligro determina la magnitud del riesgo (Ize, Zuk y Rojas, 2010). Otro factor que influye en la determinación de la magnitud del riesgo es la característica de los individuos expuestos, los vulnerables, es decir la debilidad o resistencia que pueden tener a determinado riesgo.

El riesgo a menudo se expresa en términos cualitativos de probabilidad; por ejemplo, se puede calcular cual es la probabilidad de que ocurra una lluvia torrencial en determinada zona en un tiempo dado.

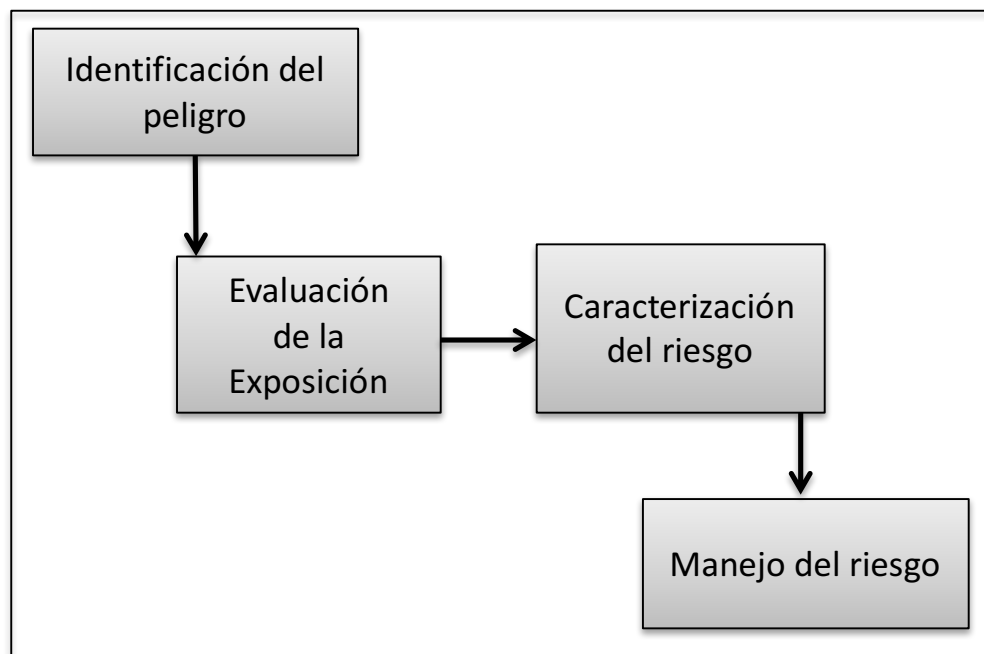


Figura 4 . Evaluación de riesgos. Fuente: NAS 1983

La evaluación de riesgos es una herramienta útil para fundamentar la toma de decisiones con base en información científica, de esta forma favorece a la planificación y prevención de desastres, en otra palabras un riesgo constituye un instrumento valioso para que la toma de decisiones esté sustentada en la ciencia y para ayudar a que los recursos económicos y humanos sean dirigidos a la atención de los peligros más significativos y que se apliquen a programas de acción de reducción de riesgos que sean costo-efectivos (Ize et al, 2010). En la Figura 1 se muestra el esquema con los pasos a seguir que propone la EPA para realizar la evaluación de riesgos.

1.1.2. Los riesgos ambientales

Un riesgo ambiental o riesgo natural, es cualquier proceso natural que representa una amenaza para la vida humana o la propiedad. Es importante destacar que los sucesos naturales en sí, como las tormentas o los sismos, no representan un riesgo, son considerados riesgos cuando ponen en peligro la vida humana. Entonces un desastre natural es la consecuencia la interacción de un riesgo ocasionado por un evento natural y la sociedad, con resultados como daños considerables a la propiedad, heridas y hasta pérdidas de vida; generalmente tiene límites espaciales y temporales bien definidos (Keller y Blodgett, 2004).

Los riesgos ambientales amenazan la vida de las personas alrededor del mundo, México por su ubicación geográfica se encuentra en la ruta común de tránsito de huracanes en la costa del pacífico y del atlántico.

Como se ilustra en la Figura 2 en las costas del pacífico mexicano se encuentra la interacción de los límites de cinco placas tectónicas: Placa Norteamericana (en la cual se encuentra la mayor parte del territorio nacional), Placa de Cocos y Placa de Rivera (en la costa sur del pacífico), Placa del Pacífico (en ella se encuentra la península de Baja California) y Placa del Caribe (al sureste del territorio nacional) y un sin número de fallas sísmicas. Dicha condición geofísica hace de las costas del pacífico áreas de alta actividad sísmica.



Figura 5. Placas tectónicas de México. Fuente: SSN (2016)

1.1.3. Percepción de riesgos

García (2005), propone que la percepción de riesgo es una construcción social, culturalmente determinada; de esta forma no son los riesgos los que se construyen culturalmente, si no su percepción. De acuerdo a lo anterior la percepción del riesgo se encuentra ligado a las situaciones cotidianas que viven las personas, tener mayor conocimiento de los eventos que podrían desatar desastres ambientales nos ayuda a hacer conciencia de la exposición a situaciones de riesgo y eventualmente minimizar sus efectos.

1.1.4. Manejo de riesgos en México

En materia de manejo de riesgos en México el panorama no es alentador, diferentes especialistas han alertado la vulnerabilidad a los desastres naturales por su elevada actividad sísmica y su ubicación en la trayectoria común de los huracanes provenientes del atlántico y el pacífico, potencializados por actividades humanas como la deforestación o el asentamiento de viviendas en terrenos no aptos (Marín, 2011).

Los primeros cinco meses de 2015 fueron los más lluviosos en la historia de México desde que se lleva registro, lo cual ha evidenciado la vulnerabilidad del país ante el cambio climático, reveló el titular de la Secretaría de México Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Juan José Guerra Abud (García H., 2015). Por otra parte, investigaciones realizadas en el Estado de Guerrero, indican que se espera un sismo de gran magnitud proveniente de la Brecha de Guerrero, que afectaría municipios desde la costa de Puerto Vallarta hasta Oaxaca en la zona costera (CIRES, 2015).

En México no existe una legislación que obligue a las autoridades de los tres niveles de gobierno en torno a definir de manera adecuada las zonas de riesgo ni el manejo.

1.2. Geoética

La Geoética es una nueva disciplina que se encuentra en desarrollo (trata las relaciones entre el hombre y su entorno abiótico desde un punto de vista ético) y del comportamiento deontológico de los profesionistas relacionados con las mismas (Martínez, Luis, y Rull, 2011). Uno de los principales campos de la geoética es la predicción y mitigación de catástrofes naturales, observando con antelación los riesgos a los que se puede estar expuesto.

Aparte de los principios a los que se debe la ética, la geoética tiene un fuerte fundamento en el principio precautorio cuando se identifica una situación de riesgo, es decir quien trabaje con geoética está obligado a dar a conocer una situación de riesgo ambiental con el fin de encontrar un camino para disminuir la exposición al riesgo y en su momento evitar un desastre natural (Cafferata, 2004).

1.3. Cuencas hidrográficas en México

1.3.1. Cuencas hidrográficas

El territorio mexicano se encuentra organizados por divisiones políticas o geográficas, una forma de organizarlo es considerar los ríos que fluyen desde las montañas y las mesetas, conectándolos con las costas, transportando nutrientes, compuestos y favoreciendo la biodiversidad de los ecosistemas por medio de cuencas. Una cuenca es una unidad territorial más adecuada para la gestión de los recursos hídricos, entre otras cosas porque en ellas los sistemas físicos y bióticos del sistema socioeconómico son independientes y se encuentran interrelacionados (Dourojeanni et al., 2002). Una clasificación es la de cuencas hidrográficas, que son unidades físico-naturales, que interconecta todo el espacio geográfico que la constituye a través de los flujos hídricos, superficiales y los flujos de nutrientes, materia y energía (Walker et al., 2006). Con dicha clasificación se trasciende de los límites políticos y administrativos, siendo el agua el principal elemento integrador de la cuenca.

Otra definición para cuenca es la que presenta la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2012) en la cual dice: La cuenca hidrográfica de un río, arroyo o lago, es aquella superficie geográfica cuya precipitación pluvial que escurre, es decir que no regresa a la atmósfera por evapotranspiración ni se infiltra a los acuíferos, finalmente llega al río, arroyo o lago. Las cuencas hidrográficas, son delimitadas por líneas de cumbres, conocidas como parte aguas, las cuales están formadas por las cimas más altas de los relieves. En el país se tienen identificadas 1,471 cuencas hidrográficas, en la Figura 3 podemos observar la distribución del territorio mexicano en cuencas hidrográficas.



Figura 6. Cuencas Hidrográficas de México, resaltando la cuenca del río Quetzala. Fuente: Atlas Digital del Agua México 2012

1.3.2. Cuenca del Río Quetzala

La división del territorio en cuencas es de gran utilidad para propósitos de planeación y gestión de los recursos principalmente del recurso agua, siendo divisiones naturales del paisaje. La cuenca del río Quetzala se encuentra en la costa sur del territorio nacional, entre los Estados de Guerrero y Oaxaca abarcando un área de 7,255 km².

Para hacer una clasificación de cuencas de acuerdo a su priorización se toma en cuenta su dinámica funcional y los niveles de presión a los que están expuestas, considerando estos dos indicadores con respecto a la cuenca del río Quetzala se considera que dicha cuenca se encuentra con un nivel de alteración de la dinámica funcional muy alta y niveles de presión altos.

En una cuenca todos sus elementos se encuentran estrechamente relacionados, incluidas las actividades humanas, cuando se modifica alguno de los elementos afecta al sistema y generalmente impactando más en la parte baja de la cuenca (Cotler y Martínez, 2010).

Para la cuenca del río Quetzala se han encontrado cinco eventos o procesos naturales que podrían representar riesgo para la sociedad, estos son: sismos, huracanes, deslaves, intrusión marina y eutrofización. Es importante destacar que dichos eventos en sí no son un riesgo, es decir dichos procesos naturales pueden desencadenar un desastre con efectos que amenazan la vida de las personas y la seguridad de sus bienes.

2. Descripción de la zona de estudio

2.1. Cuenca del río Quetzala

2.1.1. Ubicación

La cuenca del río Quetzala cubre un área de 7,255 km² se ubica al sur del territorio mexicano, se encuentra delimitada al norte por la Región Hidrológica número 18 Balsas, en las costas entre los estados de Guerrero y Oaxaca, y cuenta con salida al Océano Pacífico y con una disponibilidad media anual a la salida de 3,097.90 millones de metros cúbicos (SEMARNAT, 2013). Por otra parte, forma el Humedal Barra de Tecoanapa que se encuentra ubicado en las coordenadas 16°21'12" y 17°17'33" de latitud Norte y 97°46'14" y 97°52'08" al Oeste. En la Figura 4 se muestra la ubicación de la zona de estudio.

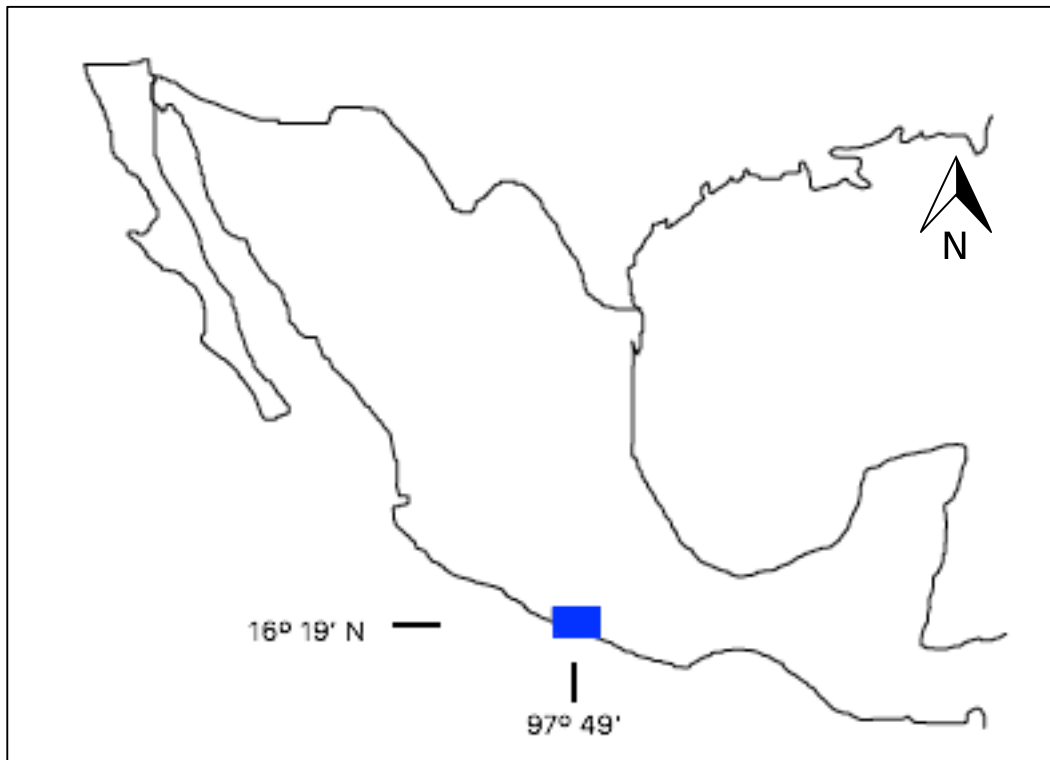


Figura 7. Ubicación de la cuenca del río Quetzala en el territorio mexicano. Elaboración propia.

2.2. Aspectos abióticos

2.2.1. Caracterización climática

El clima es de tipo $Aw_3(f)$ (Tovilla et al., 2009), cálido subhúmedo con temperatura media anual de 18°C en los meses más fríos (enero y febrero) y alcanza los 38°C en los meses más calurosos (abril y mayo). Cuenta con dos estaciones al año, y una época de lluvias (junio a octubre), se reporta una precipitación media anual de 1,200mm.

2.2.2. Geología y morfología

Al encontrarse inmersa en la Sierra Madre del Sur, comparte gran complejidad estructural, destacando los rasgos conformado por la secuencia metamórfica. Al norte y al este se localizan estibaciones meridionales, cuyo cerro más alto es llamado Huixtepec. Hacia el sur y al oeste, el relieve es más plano y se intercalan lomeríos y tierras bajas (Ortega, 1970; en INEGI, 1999).

2.2.3. Características y uso del suelo

Los suelos existentes son el regosol y cambisol, estos son aptos para la agricultura, los suelos son de origen volcánico, cuya textura se clasifica como arcilla arenosa y arena migajosa formada su capa inferior por arcilla y la superficie por materia orgánica (Tovilla et al., 2009; SEGOB, 1988). En el área de estudio el principal uso que se le da es forestal, sin embargo algunas zonas son aprovechadas para actividad agrícola, en su mayoría cultivos de temporal.

2.3. Aspectos bióticos

2.3.1. Vegetación

La cuenca del río Quetzala cuenta con una extensa superficie de bosque maderable, los cuales son explotados de forma racional, siendo el encino y el roble las especies vegetales más abundantes en la parte alta de la cuenca. En la parte baja, particularmente en el humedal Barra de Tecoanapa se pueden encontrar vegetación de dunas costeras y destaca la presencia de cuatro especies de mangle: *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus* (Tovilla y Orihuela, 2002).

Ramírez y Navarro (2013) reportan vegetación de tipo: selva baja caducifolia con vegetación secundaria y arbustiva, selva mediana caducifolia con vegetación secundaria y agricultura de temporal y bosque de encino y roble.

2.3.2. Fauna

En cuanto a la fauna CONABIO-CONANP-TNC-Pronatura (2007) reportan la presencia de mapaches (*Procyon lotor*), armadillos (*Dasyopus noaemcinctus*), iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), iguana verde (*Iguana iguana*), mientras que de especies acuáticas y semiacuáticas: cocodrilo de río (*Crocodylus acutus*), tortuga prieta (*Chelonia mydas*), tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*).

2.4. Aspectos socioeconómicos

2.4.1. Demografía

En la cuenca del río Quetzala que es formadora del Humedal de la Barra de Tecoaapa, se ubican 29 municipios de los cuales 14 pertenecen al Estado de Guerrero y 15 del Estado de Oaxaca y según el Censo de Población y Vivienda 2010 en conjunto albergan una población de 114,741 habitantes. Esta región ha presentado un crecimiento de 223% en promedio los últimos 24 años, En los últimos años se ha incrementado la densidad de asentamientos humanos en las áreas de manglares, lo que ha provocado su deforestación y el ingreso de diferentes contaminantes (Day et al. 1996).

2.4.2. Economía

La pesca y la agricultura son las principales actividades en esta región con el 50.4% y el 38.9% de la ocupación, seguidas por el comercio, servicios y ganadería. Durante los últimos años la pesca en la zona marina, ha disminuido en aproximadamente 38%, debido a una explotación excesiva de los caladeros tradicionales (INEGI, 2006).

Por otra parte, la migración como consecuencia del desempleo es un problema social que afecta a la región de la Costa Chica de Guerrero y Oaxaca, dejando a las mujeres como jefas de familia. Esta situación provoca abandono de las actividades económicas productivas y la desintegración familiar y muchas veces fomentando la violencia entre jóvenes y aumentando los problemas familiares.

2.4.3. Aspectos culturales

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI se pueden encontrar hablantes de culturas indígenas como amuzgo y mixteco, mientras que en el sur de la cuenca se presenta una importante población denominada afromexicana.

3. Planteamiento del problema

3.1. Problema de investigación

A lo largo de la cuenca del río Quetzala se establecen asentamientos humanos donde se ha observado un aumento de la población y de igual manera han aumentado el área ocupada por los mismos (asentamientos humanos) y actividades económicas como la agricultura y ganadería. Con estos aumentos de la población también ha aumentado la deforestación, así como la contaminación de los cuerpos de agua naturales. Como muchos ecosistemas costeros es susceptible a la afectación causada por fenómenos naturales como huracanes y tormentas tropicales.

La población de nombre Barra de Tecoanapa que se encuentra en la parte baja de la cuenca y desembocadura del río Quetzala, dicha población depende de los recursos de la zona como son peces de agua dulce y salada, aportaciones del río, agricultura y ganadería. Sin embargo, por su ubicación en la cuenca es más susceptible a los cambios en la cuenca como la disminución de las aportaciones de agua, la erosión y arrastre de material pétreo y mayor exposición al golpe de huracanes.

Las actividades antropogénicas con el enfoque de desarrollo y mejoramiento de la vida provocan cambios en el medio ambiente, en algunas ocasiones con importantes cambios que fomentan el deterioro del entorno y de igual forma afectan la calidad de vida de los mismos seres humanos, ya que al reducir o acabar con los recursos naturales se ven mermados los bienes y servicios que estos nos ofrecen.

La evaluación de riesgo ambiental ayuda a identificar los valores ambientales de interés y los riesgos más importantes y además identifica los huecos de información, con lo que ayuda a decidir qué clase de investigación debe ser desarrollada a futuro y en qué deben ser invertidos los recursos limitados con que se cuenta (INECC, 2003).

Con la identificación de los potenciales riesgos al medio ambiente podemos tomar acciones correctivas o preventivas para evitar o detener posibles daños al medio ambiente con diferentes magnitudes.

En las últimas décadas se ha hecho evidente a nivel mundial la reducción del caudal de los ríos, y con ello ha aumentado la necesidad de preservar los recursos hídricos ya que forman parte fundamental para el desarrollo de la vida. Sin duda estas situaciones son

consecuencias del aumento de la actividad humana con acciones como la generación de desechos, la deforestación y el uso de químicos ha afectado la calidad del agua, generando consecuencias en el recurso agua, dejándola en condiciones no aptas para el consumo humano.

Identificar el riesgo ambiental entorno al Humedal Barra de Tecoanapa permite que los habitantes de la zona puedan percibir la situación de peligro latente en la que se encuentran, así como realizar planes de contingencia y con esto disminuir desastres que estos riesgos ambientales representan para la población.

3.2. Justificación

En las zonas costeras los humedales son de gran importancia ya que las condiciones particulares que presentan favorece el crecimiento de vegetación y fauna muy particular. Estas condiciones cumplen diferentes funciones para el ecosistema, por ejemplo, proporcionan protección a la línea costera contra embates de huracanes y tormentas tropicales, regulan la descarga de agua de los ríos, ofrece refugio y habitación para diferentes especies animales, funcionan como filtros biológicos para las aguas epicontinentales, regula la salinidad en los esteros costeros.

En la actualidad al igual que todos los recursos naturales los humedales son utilizados para provecho económico del hombre, de manera directa o indirecta con actividades como la pesca de peces, moluscos y crustáceos, la extracción de madera para construcción o leña, que en muchas ocasiones representa la principal fuente de economía de las poblaciones locales.

Durante los últimos años la pesca en la zona marina, ha disminuido en aproximadamente 38%, debido a una explotación excesiva de los caladeros tradicionales (INEGI, 2006).

La población que se beneficia de las zonas de manglares ha aumentado, como consecuencia se tiene el aumento en el mal uso de dicho recurso, así como la degradación de su entorno con contaminantes como metales pesados (Campos y Gallo 1997; Tovilla y Orihuela, 2000). Es el caso de la cuenca del río Quetzala que es la formadora del Humedal de la Barra de Tecoanapa.

En zonas aledañas a la cuenca del río Quetzala se ha observado el deterioro del terreno, así como desplazamiento y disminución del número de individuos gracias al cambio del

uso de suelo que por otro lado fomenta las actividades humanas como la agricultura y los servicios, como lo menciona Gil y Castillo (2006), la notable escasez de fauna, se debe a que se trata de una zona previamente impactada por actividades antropogénicas, principalmente por la construcción de desarrollos urbano-turísticos que han venido modificando el uso de suelo propio de una selva baja caducifolia a uno de uso urbano, lo que ha provocado que algunas especies no se adapten a las modificaciones del entorno, obligándolas a desaparecer del lugar y/o a desplazarse para buscar nuevas zonas de refugio. Situación similar a la que presenta el Humedal Barra de Tecoaapa, al interior de la cuenca del río Quetzala, que por la riqueza biológica que presenta es de importancia económica para la población que a su vez al aumentar de número obliga a cambiar y extender las actividades económicamente productivas.

El grupo de pescadores que faena en la zona del humedal se ha mantenido, sin embargo, sus capturas han disminuido de 70 a 40kg/embarcación/semana, situación que también prevalece en el resto de los grupos de pescadores (Tovilla y Orihuela, 2000). Esto ha ocasionado que los pescadores busquen otras zonas de pesca, cada vez más distantes de la costa y provocando problemas como el gasto de combustible para transportarse, el peligro que corren los pescadores mar adentro o bien abandonar esta actividad para dedicarse a otras como la agricultura o el comercio o bien emigrar a estados del norte o a los Estados Unidos de Norteamérica para buscar mejores ingresos económicos.

La migración como consecuencia del desempleo es un problema social que afecta a la región de la Costa Chica de Guerrero y Oaxaca, dejando a las mujeres como jefas de familia. Esta situación provoca abandono de las actividades económicas productivas y la desintegración familiar y muchas veces fomentando la violencia entre jóvenes y aumentando los problemas familiares.

3.3. Marco legal

A continuación, se presentan la normatividad que regulan y protegen a los humedales costeros:

Norma Oficial Mexicana NOM-001-RECNAT, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales y Bienes Nacionales, Diario Oficial de la Federación, 6 de enero de 1997. Se tomó dicha norma por la preocupación de vencer la capacidad de carga de contaminantes de los cuerpos de agua que escurren y descargan el humedal Barra de Tecoaapa.

Norma Oficial Mexicana NOM-012-RECNAT, que establece los establecimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento de leña para uso doméstico, Diario Oficial de la Federación, 26 de junio de 1996. Una de las características principales del humedal es la biodiversidad vegetal, particularmente la presencia de los cuatro tipos de mangle que existen en México los encontramos juntos en este territorio, como consecuencia las relaciones que mantiene con el sistema genera condiciones particulares.

Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003, que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar. Diario Oficial de la Federación, 6 de octubre del 2000. Los mangles son sistemas muy sensibles y de relevancia para el ecosistema particular en el que se encuentran.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, esta norma categoriza al mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), negro (*Avicennia germinans*), rojo (*Rhizophora mangle*) y botoncillo (*Conocarpus erectus*) como especies amenazadas.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), que establece la necesidad de realizar estudios de Impacto Ambiental para la realización de obras o actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, previos a la autorización de la SEMARNAT.

3.4. Hipótesis y Objetivos

3.4.1. Hipótesis

1. La población radicada en la cuenca del río Quetzala se encuentra en riesgo por sismos, huracanes, deslaves, intrusión marina y eutrofización.
2. Existen poblaciones que por su ubicación geográfica son más vulnerables a los efectos negativos a la exposición de cada riesgo.

3.4.2. Objetivo general

Efectuar un diagnóstico ambiental en la cuenca hidrológica del río Quetzala del sistema denominado Humedal Barra de Tecoaapa, mediante el análisis de los riesgos a los que están expuestos para proponer medidas preventivas que brinden seguridad a los habitantes de la región.

3.4.2.1. Objetivos Particulares

- Determinar la exposición al riesgo sísmico, riesgo por impacto de huracanes, riesgo por deslaves, intrusión marina y eutrofización a los que se expone la población en la cuenca del río Quetzala.
- Identificar a las poblaciones más vulnerables a cada riesgo natural.

3.5. Antecedentes

3.5.1. La evaluación de riesgos ambientales

La Evaluación de Riesgos Ambientales actualmente ha tomado gran importancia como herramienta para la toma de decisiones en el manejo ambiental; ayuda a identificar los valores ambientales, así como las potenciales situaciones de riesgo ayudando a la elaboración de escenarios y con ello a una buena planeación y salvaguardar la vida de las personas (CENAPRED, 2001).

Alrededor del mundo millones de personas se exponen día a día a procesos de riesgos naturales y en algunos casos se conjuntan más de un proceso natural. En los últimos años las consecuencias de desastres naturales como inundaciones y huracanes han cobrado la vida de miles de personas, a nivel mundial el promedio anual es de 150,000. Por otra

parte, las pérdidas económicas por desastres naturales se calculan en 50,000 millones de dólares anuales (EPA, 2001).

3.5.2. La cuenca del río Quetzala como Región Hidrológica Prioritarias de Conservación

La creciente preocupación por conservar la biodiversidad en torno a los sistemas de aguas epicontinentales ha hecho surgir la necesidad de revisar la situación en la que se encuentra la biodiversidad y el calor biológico de las cuencas hidrológicas. Como resultado la CONABIO realizo un listado de 110 Regiones Hidrológicas Prioritarias, que a su vez se dividen en cuatro clasificaciones de acuerdo al uso que se les da a dichas áreas prioritarias, en la Figura 5 se puede observar la ubicación de las Regiones Hidrológicas Prioritarias. La cuenca alta del río Quetzala se clasifico como área de importancia biológica pero no cuenta con suficiente información científica (Arriaga et al, 2008).

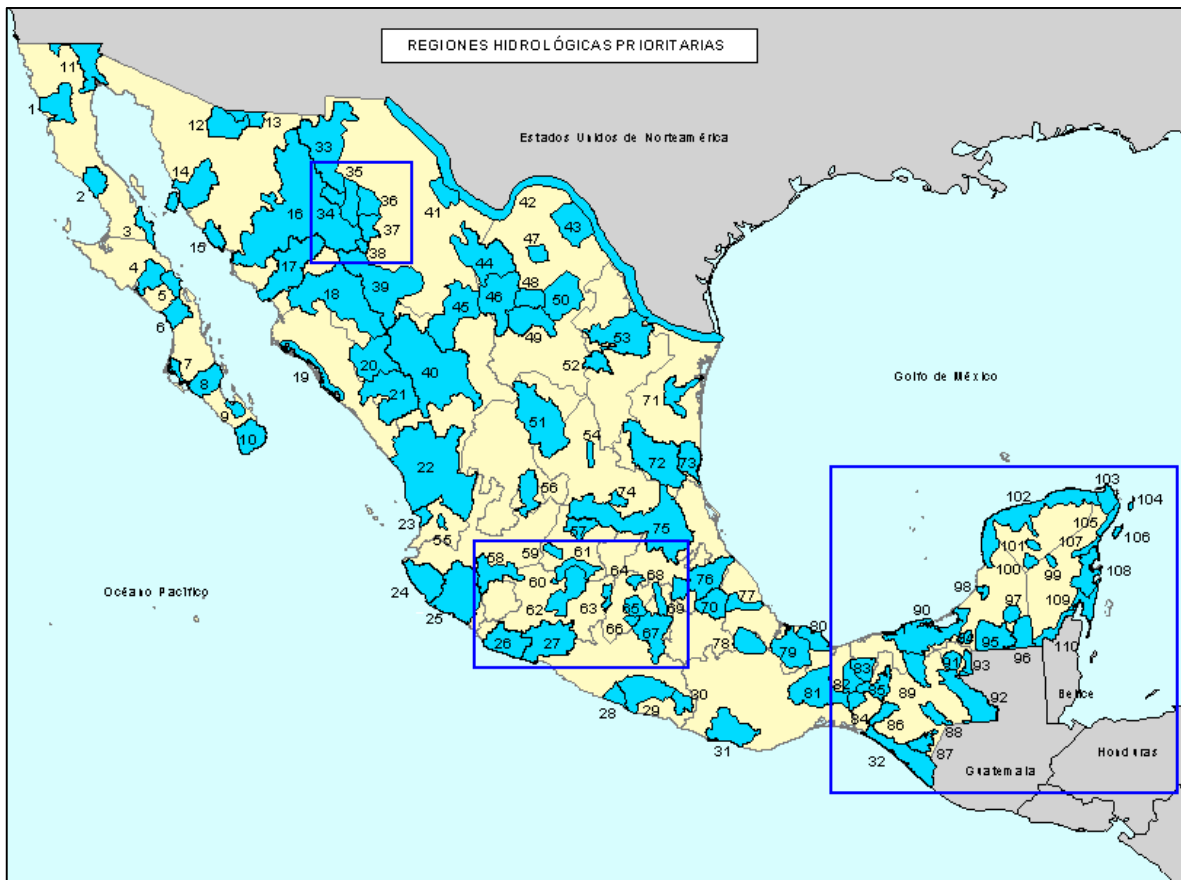


Figura 8. Regiones Hidrológicas Prioritarias. Fuente CONABIO 2002.

Tabla 1. Lista de Regiones Hidrológicas Prioritarias. Fuente CONABIO, 2012.

Clave	Nombre	Clasificación
1	San Pedro Mártir	AAB, AU
2	Ríos estacionales de Baja California - Cataviña	AD
3	Sierra de la Libertad	AU, AA, AD
4	Sierra de San Francisquito - Oasis San Ignacio	AAB, AU
5	Mulegé - Santa Rosalía	AD
6	La Purísima	AAB
7	Bahía Magdalena	AU
8	Oasis San Pedro de la Presa - El Pilar - Las Pocitas	XAAB, AU
9	Sierra del Novillo - La Paz	AU
10	Sierra de la Laguna y oasis aledaños	AAB, AU
11	Delta del Río Colorado	AAB,AU, AA
12	Subcuenca del Río Asunción	AD
13	Subcuencas de los ríos San Pedro y Santa Cruz	AAB, AU, AA
14	Isla Tiburón - Río Bacoachi	AA, AD
15	Cajón del Diablo	XAAB, AA
16	Río Yaqui - Cascada Bassaseachic	AAB, AU AA
17	Río Mayo	AAB, AU, AA
18	Cuenca alta del Río Fuerte	AAB, AU, AA
19	Bahía de Ohuira - Ensenada del Pabellón	AAB, AU, AA
20	Cuenca alta de los Ríos Culiacán y Humaya	AAB, AU, AA
21	Cuenca alta del Río San Lorenzo - Minas de Piaxtla	AAB, AU, AD
22	Río Baluarte - Marismas Nacionales	AAB, AU, AA
23	San Blas - La Tovar	AAB, AU, AA
24	Cajón de Peñas - Chamela	AAB, AU, AA
25	Ríos Purificación y Armería	AAB, AU, AA
26	Ríos Coalcomán y Nexpa	AAB, AU
27	Cuenca baja del Río Balsas	AAB, AU, AA
28	Río Atoyac - Laguna de Coyuca	AAB, AU, AA
29	Río Papagayo Acapulco	AAB, AU, AA
30	Cuenca alta del Río Ometepec	AD
31	Río Verde - Laguna de Chacahua	AA,
32	Soconusco	AAB, AU, AA
33	Samalayuca	AAB, AU, AA
34	Lago Babícora	AAB, AU, AA
35	Cuenca alta del Río Sta. María	AAB, AU, AA
36	Cuenca alta del Río del Carmen	AAB, AU, AA
37	Lago Bustillos	AAB, AU, AA

Continuación Tabla 2. Lista de Regiones Hidrológicas

38	Lago Los Mexicanos	AAB, AU, AA
39	Cuenca alta del Río Conchos	AAB, AU, AA
40	Río Nazas	AAB, AU, AA
41	Cuenca baja del Río Conchos	AAB, AU, AA
42	Río Bravo Internacional	AAB, AU, AA
43	Río Bravo - Piedras Negras	AAB, AD
44	El Guaje	AU, AA, AD
45	La India	AU, AA, AD
46	El Rey	AU, AA, AD
47	Sierra de Santa Rosa	AU, AD
48	Cuatro Ciénegas	AAB, AU, AA
49	Valle Hundido	AU, AA, AD
50	Río Salado de los Nadadores	AAB, AU, AA
51	Camacho Gruñidora	AU, AA
52	Cumbres de Monterrey	AAB, AU, AA
53	Río San Juan y Río Pesquería	AAB, AU, AA
54	Venado Moctezuma	AA
55	Lagos-cráter de Nayarit	AU, AD
56	Valle de Aguascalientes – Río Calvillo	AAB, AU, AA
57	Cabecera del Río de la Laja	AAB
58	Chapala – Cajititlán – Sayula	AAB, AU, AA
59	Presas Río Turbio	AA
60	Zacapu	AAB, AU
61	Lagos-cráter del Valle de Santiago	
62	Pátzcuaro y cuencas endorreicas cercanas	AAB, AU, AA
63	Los Azufres	AAB, AU
64	Humedales de Jilotepec – Ixtlahuaca	AAB
65	Cabecera del Río Lerma	AAB, AU, AA
66	Lagos cráter del Nevado de Toluca	AU, AA
67	Río Amacuzac – Lagunas de Zempoala	AAB, AU, AA
68	Remanentes del lacustre de la cuenca de México	AU, AA
69	Llanos de Apan	AU, AA
70	Cuenca Oriental	AU, AA
71	Río San Fernando	AAB, AU,
72	Río Tamesí	AAB, AA
73	Cenotes de Aldama	AU
74	Lago de La Media Luna	AAB, AU, AA
75	Confluencia de las Huastecas	AAB, AA
76	Río Tecolutla	AAB, AU, AA
77	Río La Antigua	AAB
78	Presas Miguel Alemán – Cerro de Oro	AU, AA
79	Humedales del Papaloapan, San Vicente y San Juan	AAB, AA
80	Los Tuxtlas	AAB, AU, AA

Continuación Tabla 3. Lista de Regiones Hidrológicas

81	Cuenca media y alta del Río Coatzacoalcos	AAB, AU, AA, AD
82	Cuenca media y alta del Río Uxpanapa	AAB, AU, AA, AD
83	Cabecera del Río Tonalá	AAB, AU, AA
84	Chimalapas	AAB, AD
85	Malpaso Pichucalco	AAB, AA, AD
86	La Sepultura Suchiapa	AAB, AU, AD
87	Motozintla	AAB, AD
88	Comitán – Lagunas de Montebello	AAB
89	Río Tulijá - Altos de Chiapas	AAB
90	Laguna de Términos - Pantanos de Centla	AAB, AU, AA
91	Balancán	AU, AA,AD
92	Río Lacantún y tributarios	AAB, AU, AA
93	Río San Pedro	AU, AD
94	Cabecera del Río Candelaria	AD
95	Sur de Campeche	AAB, AU, AA
96	Calakmul	AAB, AA
97	Cabecera del Río Champotón	AD
98	Boca del Río Champotón	AU, AA
99	Laguna Chichancanab	AAB, AA, AD
100	Cono Sur - Peto	AU, AD
101	Zona citrícola	AU, AA, AD
102	Anillo de cenotes	AAB, AU, AA
103	Contoy	AAB, AA
104	Isla Mujeres	AU
105	Corredor Cancún - Tulum	AAB, AU, AA
106	Cozumel	AU
107	Cenotes Tulum - Cobá	AAB, AU, AA
108	Sian Ka'an	AAB, AU, AA
109	Humedales y lagunas de la Bahía de Chetumal	AAB, AU, AA
110	Río Hondo	AU, AA

CLASIFICACIÓN:

AAB = Regiones de alta biodiversidad

AU = Regiones de uso por sectores

AA = Regiones amenazadas

AD = Regiones de desconocimiento científico

Por otra parte, la desembocadura de la cuenca del río Quetzala se encuentra en un área designada como Región Marina Prioritaria (RMP), por su importancia ecológica y biodiversidad. Lo que nos da idea de la importancia que tienen las aportaciones de agua de dicha cuenca a esta región para conservar determinadas características para el desarrollo de especies marinas.

En la Figura 6 se puede ubicar las Regiones Marinas Prioritarias de México establecidas por la CONABIO, con el numero 33 la RMP Copala-Punta Maldonado en la cual desemboca el humedal Barra de Tecoaapa.



Figura 9. Regiones Marinas Prioritarias. Fuente CONABIO 2012.

3.6.3. Sismos

La costa sur de México está caracterizada por presentar una alta sismicidad, esto debido al choque de las placas tectónicas Norte Americana, de Cocos y la Pacífico. La costa del Estado de Guerrero se encuentra catalogada como zona sísmica muy activa, es decir es una zona donde se han reportado grandes sismos históricos, la ocurrencia de sismos es muy frecuente y las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad terrestre (CENAPRED, 2001). Los efectos de los sismos en esta zona pueden tener repercusiones de gran magnitud como el que se vivió en el año de 1985 cuyo epicentro fue en la costa de Guerrero sin embargo en la Ciudad de México fue donde presento mayores daños con víctimas de las cuales no se tiene una cifra clara pero que llegan hasta 40,000 e incontables daños materiales (Quezada, 2007).

3.6.4. Tormentas tropicales

Los ciclones tropicales determinan importantes condiciones desde climáticas, estructura hidráulica, producción de alimentos, energía, transporte y de forma general protección civil. Por su ubicación cercana al ecuador y al tóxico de cáncer hace más vulnerable al impacto de diferentes tormentas. Según registros de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) el año 2013 fue el cuarto más lluvioso ocasionando desastres como los ocurridos en la población de La Pintada con la conjunción de los fenómenos meteorológicos Ingrid y Manuel. La población de Barra de Tecoaapa se fundó, entre la protección que brindaba vastas áreas cubiertas por manglar, sin embargo, con el paso del tiempo por la necesidad y la ignorancia de la importancia de los manglares para la estabilidad ecológica la cubierta forestal de mangle se ha reducido, dejando expuesta a la población a los efectos de las tormentas.

3.6.5. Intrusión marina y eutrofización

Los almacenes de agua subterránea en la cuenca baja del río Quetzala son utilizados para el riego de cultivos; dados los escurrimientos superficiales y el régimen de lluvia, el acuífero no presenta problemas de abatimiento, sin embargo, de acuerdo con Sandoval y Rodríguez (2012), la calidad fisicoquímica se ha visto ligeramente alterada, en especial por cuerpos de agua superficiales que presentan eutrofización debido a que han quedado aislados de las corrientes superficiales y sólo se renuevan cuando se presentan grandes avenidas, formando en el subsuelo zonas hiporreicas, que influyen en la calidad fisicoquímica del agua subterránea de las regiones aledañas.

Por esta razón la población de Barra de Tecoaapa que se ubica en la parte más baja de la cuenca y hace uso de dicho acuífero para regadíos y para uso doméstico, se encuentra expuesta a sufrir problemas por la calidad de agua.

En la Figura 8 representa el nivel teórico de la interfaz entre el agua salada y agua dulce con relación a la profundidad de los acuíferos.

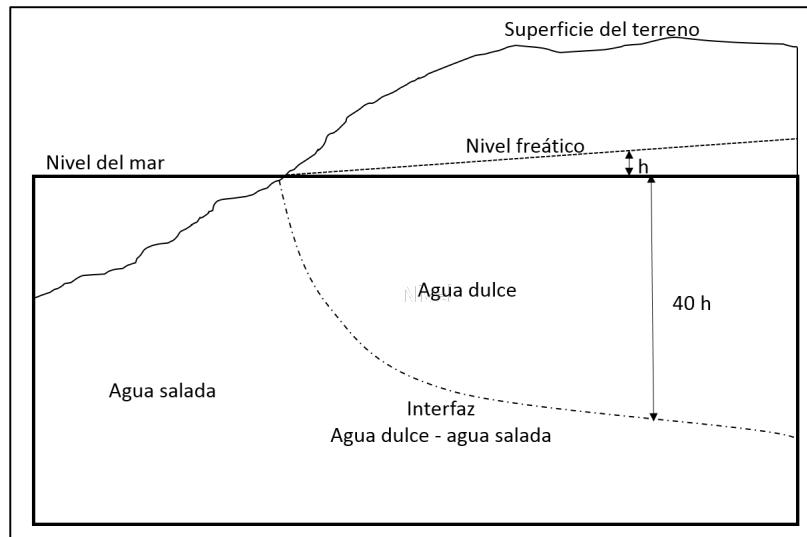


Figura 10. Posición de la interfaz teórica. Fuente: (Moleiro, 2002)

3.6.6. Deslaves

Durante los últimos años, en México se han sufrido varios eventos de movimientos en masa, en otras palabras, movimientos de terreno ladera abajo. Se puede relacionar fácilmente dichos eventos con tormentas intensas y de larga duración que a su vez son ocasionados por eventos ciclónicos. El 16 de septiembre de 2013 tras tres días de intensas lluvias ocasionadas por la tormenta tropical Manuel y el huracán Ingrid en conjunto, en el poblado de La Pintada en el Estado de Guerrero ocurrió un movimiento en masa de terreno que sepultó la mitad de la población y con ella un número importante de pobladores que días después se confirmó por autoridades federales la cifra de 68 desaparecidos (El Universal, 2013). En la cuenca del río Quetzala se presenta el mismo clima que en La Pintada y las condiciones del terreno son similares.

De igual forma las características del suelo son un factor importante para la estimación de riesgos sísmicos y desprendimiento de tierras y rocas (Ordoñez, Auvinet, y Juárez, 2015).

4. Materiales y métodos

4.1. Evaluación de la hidrografía

4.1.1. Delimitación de la cuenca del río Quetzala

La delimitación de la cuenca del río Quetzala se realizó con la información del medio físico con las cartas temáticas del INEGI escala 1:50,000 (E14D31, 32, 33, 34; E14D41, 42, 43, 44; E14D51, 52, 53, 54, E14D61, 62,63, 64; E14D71, 72, 73, 74). Con la información que facilitan dichas cartas es posible realizar la delimitación de la zona de estudio, identificando el río principal y afluentes importantes, para identificar los parte aguas que delimitan la cuenca. La información obtenida fue integrada en un mismo archivo electrónico que se trabajó con el software ArcMap 10.1 de Arcgis, para elaborar los mapas necesarios para esta investigación.

4.2. Elaboración de mapas base

4.2.1. Mapa de elevaciones, vegetación y geológico.

Con la información que proporciona el INEGI se elaboraron los mapas base, mapa de subcuencas y mapa de elevaciones. El mapa de elevaciones se procesó a partir de conjuntar las curvas de nivel que abarca el área de estudio, con los valores de elevación de cada curva se realizó un procesamiento en tercera dimensión para identificar las elevaciones en la cuenca y de esta forma visualizar de forma más clara los puntos más altos así como los más bajos.

De igual forma el INEGI nos proporciona información de la vegetación que tiene presencia en la zona de estudio, dicha información se plasmó en un mapa de la cuenca para visualizar que tipo de vegetación tiene presencia en cada ubicación. La información geológica se trabajó de la misma manera localizando dentro del mapa de la cuenca la composición geológica.

4.3. Evaluación climática

Identificada la cuenca se procedió a seleccionar las estaciones meteorológicas en la zona, se seleccionaron estaciones meteorológicas que aunque su ubicación se encontrara fuera de los límites de la cuenca, por su cercanía la información que nos proporciona nos da información del comportamiento climático. Una vez identificadas las estaciones meteorológicas se procedió a validar si se encuentran en funcionamiento quedando un

número de 21 estaciones meteorológicas, de las cuales en la Figura 8 se puede observar su ubicación y en la Tabla 2 las coordenadas de cada estación.

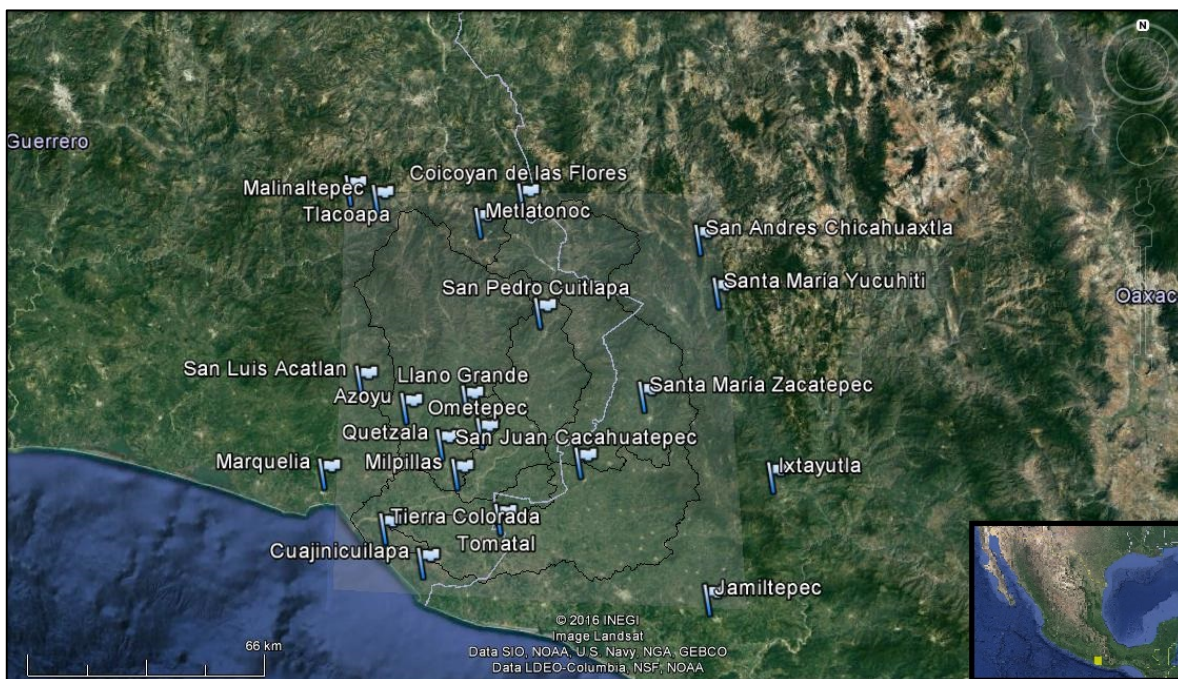


Figura 11. Ubicación de las estaciones meteorológicas. Fuente: Elaboración propia con imágenes de Google Earth (Google, 2016)

Tabla 4. Coordenadas Geográficas UTM de las Estaciones Meteorológicas

Coordenas UTM		Nombre de la estación
X	Y	
562993.85	1901171.21	METLATONOC
574508.94	1907855.09	COICOYAN DE LAS FLORES
534987.13	1907336.56	MALINALTEPEC
531347.55	1858536.63	SAN LUIS ACATLÁN
543558.03	1851256.8	AZOYU
521734.46	1833753.04	MARQUELIA
538328.97	1819299.74	TIERRA COLORADA
548539.16	1810257.3	CUAJINICUILAPA
557460.52	1833815.75	MILPILLAS
553317.42	1841653.46	QUETZALA
564015.68	1844681.36	OMETEPEC
559952.77	1853319.68	LLANO GRANDE
569097.79	1821950.94	TOMATAL
579340.48	1876808.45	SAN PEDRO CUITLAPA

Continuación Tabla 2. Coordenadas Geográficas UTM de las Estaciones Meteorológicas

590440.04	1836965.19	SAN JUAN CACAHUATEPEC
607421.76	1854532.02	SANTA MARIA ZACATEPEC
527540.71	1909959.87	TLACOAPA
622475.28	1896677.14	SAN ANDRES CHICAHUAXTLA
627350.35	1882371.92	SANTA MARIA YUCUHITI
624880.66	1801052.34	JAMILTEPEC
641829.84	1833304.96	IXTAYUTLA

4.3.1. Elaboración de mapas de efectos climáticos

De las bases de datos obtenidas de las estaciones meteorológicas se sustrajo los datos correspondientes a temperatura media mensual, precipitación media mensual. Dicha información se procesó con el software Surfer 10, para elaborar un mapa de isotermas para temperaturas y una de isoyetas para identificar la precipitación. De esta forma podemos observar la distribución de las variables climáticas en la zona de estudio.

4.3.2. Elaboración de climogramas

Los climogramas son representaciones graficas de la precipitación, temperatura y evapotranspiración en el medio. La información que se tomo fue la temperatura y precipitación media mensual registradas por las estaciones meteorológicas para un periodo que comprende del año 1981 al 2010.

El método que se utilizó en el presente trabajo fue el Segundo Sistema de Thornthwaite (Freeze y Cherry, 1979). Dicho método se considera muy completo ya que nos genera información de la retención de humedad en el suelo que puede influir para estimar algunos riesgos.

4.4. Caracterización sísmica

4.4.1. Elaboración de mapas de epicentros sísmicos y de fallas geológicas

Se obtuvo el registro de epicentros sísmicos de los últimos 70 años de bases de datos del Servicio Sismológico Nacional (Servicio Sismológico Nacional, 2016) y del Servicio Geológico Mexicano, seleccionando los sismos de intensidad mayor e igual a 7 en la escala de Richter. Se decidió por utilizar la escala de Richter por la accesibilidad y confiabilidad de la información, existe otra escala, la escala la escala de Mercalli que es más conveniente para los intereses de la evaluación de riesgos ambientales, sin embargo, no existe registro histórico de sismos con dicha escala aunado los grados son determinados por la

observación y carece de equipos de medición lo que lo hace difícil de clasificar la magnitud de los sismos.

Se seleccionaron los sismos que tienen origen en el área de la cuenca de estudio y se georeferenciaron los epicentros para ubicarlos en la cuenca del río Quetzala. De forma similar con información geológica del INEGI con referencia a fallas geológicas se posicionaron en el mismo mapa para identificar la ubicación de los epicentros sísmicos y fallas geológicas en el mismo mapa.

4.4.2. Estimación de riesgo sísmico

La estimación de riesgo sísmico se realizó de acuerdo con la metodología propuesta por Ordaz (1994), que consiste en el análisis de la sismicidad local, con los datos históricos de sismos se propuso una tasa constante de generación de sismos. Con esta información se relaciona la magnitud, la posición de origen.

De esta forma, se cumple la valoración del riesgo sísmico que se describe mediante indicadores cuantitativos de las probabilidades de ocurrencia durante lapsos dados.

4.5. Análisis de eutrofización

4.5.1. Técnica ERFCA

En cuanto a la Eutrofización se realizó conforme lo que establece la Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental (ERFCA) (Weitzenfel, 1989), a continuación en la Tabla 3 se muestran los valores estimados por la técnica ERFCA. Debido a la ausencia de actividad industrial que representa grandes fuentes generadoras de contaminantes únicamente se consideró las fuentes de contaminación de origen doméstico en relación a la población que habita en la cuenca.

Tabla 5. Formato para la técnica de ERFCA para usos domésticos

	Población 10 ³ habitantes	Volumen del desecho		DBO ₅		DQO		SS		N		P	
		m ³ /pe/ a	10 ³ m ³ / año	kg/pe /a	t/año	kg/pe/ a	t/año	kg/pe /a	t/año	kg/pe /a	t/año	kg/p/a	t/año
Habitantes con alcantarillado		73		19.7		44		20		3.3		0.4	
Habitantes sin servicio de alcantarillado		7.3		6.9		16		16					
Total													

DBO₅= demanda bioquímica de oxígeno, DQO= Demanda química de oxígeno, SS= Sólidos suspendidos, N= Nitrógeno, F= Fosforo, pe= número de habitantes.

En la cuenca del río Quetzala se ubican 11 municipios, que suman una población de 125, 955 habitantes según el Censo de Población y Vivienda del INEGI en el 2010 (INEGI, 2011) con este dato y los valores propone la técnica de la ERFCA se obtienen las emisiones de Volumen de desechos Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos (SS), Nitrógeno (N), Fósforo (F). Estos factores han sido derivados a partir de valores proporcionados por Okun. D.A. y Ponghis. G. (1975).

Se tomó como unidad de estudio la cuenca con la lógica de que sus descargas tienen fin en el humedal Barra de Tecoaapa y si su carga es altamente contaminante pueden impactar en el sistema de manglar.

4.6. Estimación de riesgo de deslave

4.6.1. Mapa de pendientes

Tomando como base el mapa de elevaciones, se le dio un tratamiento con el software ArcMap 10.1 para identificar las pendientes en la cuenca. Los valores de pendiente se obtienen por medio de fórmulas matemáticas que relacionan la diferencia entre cotas de las curvas de nivel y la longitud de la proyección, de esta forma nos dio valores de pendiente que utilizamos en grados por ser el sistema más utilizado en ingeniería en México para estimar la inclinación de terreno. De acuerdo con Lugo (1988) se tomaron cinco segmentos de elevación que se muestran en la tabla 4:

Tabla 6. Clasificación de Pendientes (Lugo, 1988)

Índice Morfológico en grados	Pendiente
0 a 3	Ligeramente inclinado
3 a 12	Medianamente inclinada
12 a 30	Fuertemente inclinada
30 a 45	Intensamente inclinada
> 45	Caída libre

De esta forma se puede identificar las zonas dentro de la cuenca con mayor exposición a deslaves y su cercanía con poblaciones que corren algún riesgo.

4.6.2. Suelo

Con información de las cartas temáticas del INEGI, se elaboró el mapa de tipos de suelo que se reportan en la Cuenca del río Quetzala. La información del tipo de suelo nos da información de la textura que presenta el suelo que es un valor que afecta la estabilidad de las pendientes.

4.7. Estimación de riesgo por impacto de fenómenos meteorológicos

4.7.1. Amenaza por huracanes

La amenaza de huracanes se midió mediante la frecuencia de ocurrencia y la severidad medida mediante el parámetro de intensidad del viento que se reportan históricamente en las estaciones meteorológicas seleccionadas previamente. Los parámetros de amenaza tomados como referencia son la intensidad de los ciclones con relación a la presión que presentan y la intensidad de los vientos.

El histórico de huracanes se tomó de la base de datos de huracanes de Unisys Weather (Unisys Weather, 2015), que a su vez colecta información proporcionada por Tropical Predicción Center de los Estados Unidos de América. Por otra parte, los datos de precipitación de las estaciones meteorológicas se obtuvieron del Extractor Rápido de Información Climatológica III (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2009). relacionando las fechas de los huracanes con los meses de precipitaciones mayores a 800mm (Barlow, 2011).

De esta forma se realizó un conjunto de eventos estocásticos que defina en la frecuencia y la severidad de los eventos, representando así los parámetros de amenaza en la región, y de esta forma poder relacionarlo con las poblaciones y su exposición que tienen a dichos eventos.

4.8. Estimación de riesgo por intrusión marina

4.8.1. Balance hidrológico

Se realizó un balance hídrico para la sub cuenca que alberga el humedal Barra de Tecoaapa, en el que se consideran las entradas y salidas de agua en la cuenca hidrológica, con el fin de identificar si existe un cambio en el almacenamiento. Este balance se representa en la ecuación (Freeze & Cherry, 1979):

$$\frac{ds}{dt} = I - Q$$

Donde:

ds/dt = Cambio en el almacenamiento de agua por unidad de tiempo.

I = Entradas de agua al sistema

Q = Salidas de agua del sistema

Con la información generada se puede hacer una estimación de la situación que guarda el acuífero en la parte baja de la cuenca por ser la parte más susceptible a intrusión marina. Dicha estimación se realizó de acuerdo a la disponibilidad media anual del acuífero, siguiendo lo establecido por la NOM-011-CNA-2000 "Conservación del recurso agua, que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales.

4.9. Percepción de riesgo

Por medio de entrevistas a autoridades municipales de Marquelia, municipio al que pertenece la comunidad de Barra de Tecoaapa, autoridades de la misma comunidad y pobladores que elegidos de manera aleatoria. Se obtuvo testimonios sobre la percepción de riesgo, históricos de desastres naturales, así como planes de contingencia por parte de las autoridades, así como entre los habitantes.

5. Resultados

5.1. Sismos

Como resultado de la evaluación sísmica se obtuvo un mapa de epicentros sísmicos y fallas el cual se presenta en el Anexo D, del cual se extrajo la Figura 9.

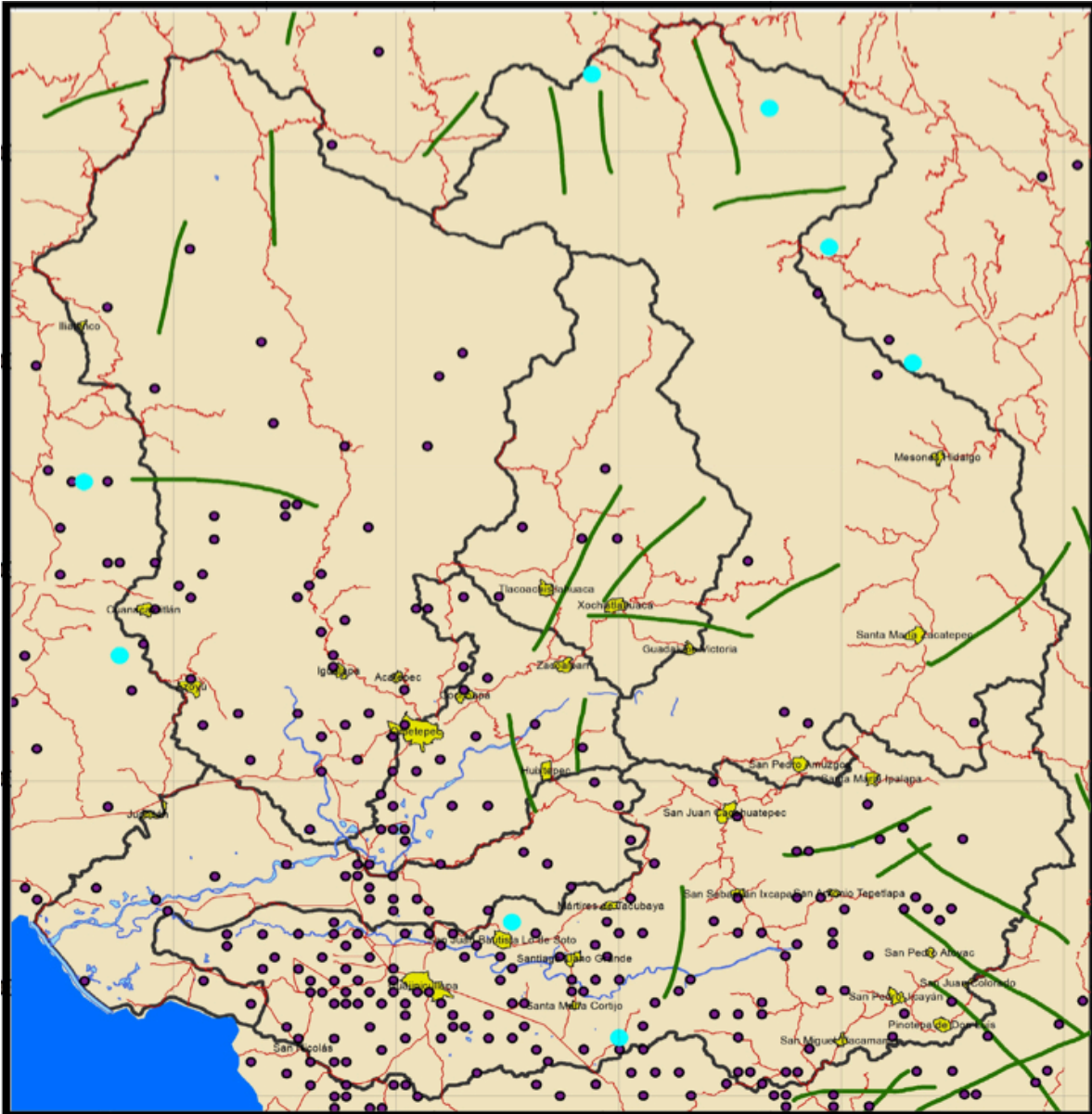


Figura 12. Fallas Tectónicas y epicentros sísmicos en la cuenca del río Quetzala, Extraído del Anexo A

De dicho mapa podemos destacar que se reportaron más de 300 epicentros de sísmicos en los últimos 70 años de los cuales únicamente 8 de magnitud mayor a 7 en la escala de Richter. La parte alta de la cuenca es la parte más elevada, sin embargo se reporta menor actividad sísmica y por otra parte los asentamientos humanos son menos por lo accidentado del terreno el difícil acceso. En la parte baja de la cuenca es donde se presenta mayor número de fallas geológicas y epicentros sísmicos. En esta zona se encuentran poblaciones de más de 5 mil habitantes como son Ometepec, Cuajinicuilapa, san Pedro Amuzgo entre otras. Sin embargo, las poblaciones importantes de destacar son San Pedro Jicayan, Pinotepa de Don Luis y San Juan Colorado que se encuentran al sur este de la cuenca. Estas poblaciones se encuentran ubicadas en zonas donde atraviesan fallas geológicas que se pueden asociar a sismos que también son abundantes, por otra parte, los caminos que conectan dichas poblaciones se encuentran sobre fallas geológicas que pudieran ocasionar afectaciones en caminos.

Por la abundancia de registros de epicentros sísmicos y de acuerdo con Dowrick (2003), la energía se ha liberado gradualmente, por lo tanto, la posibilidad de un sismo de gran magnitud se puede desestimar sin embargo por el gran número de fallas geológicas la zona baja de la cuenca es susceptible a sufrir sismos de baja magnitud que pueden tener efectos en casas y carreteras.

5.2. Huracanes

Del registro histórico de huracanes en la Figura 10 se puede observar que la temporada de huracanes está bien establecida entre los meses de junio a septiembre, mientras que los registros de precipitación oscilan entre 200 y 800 mm, llegando a presentar eventos extraordinarios como el ciclón dolores en 1974 que presento registros de precipitación de hasta 1800 mm.

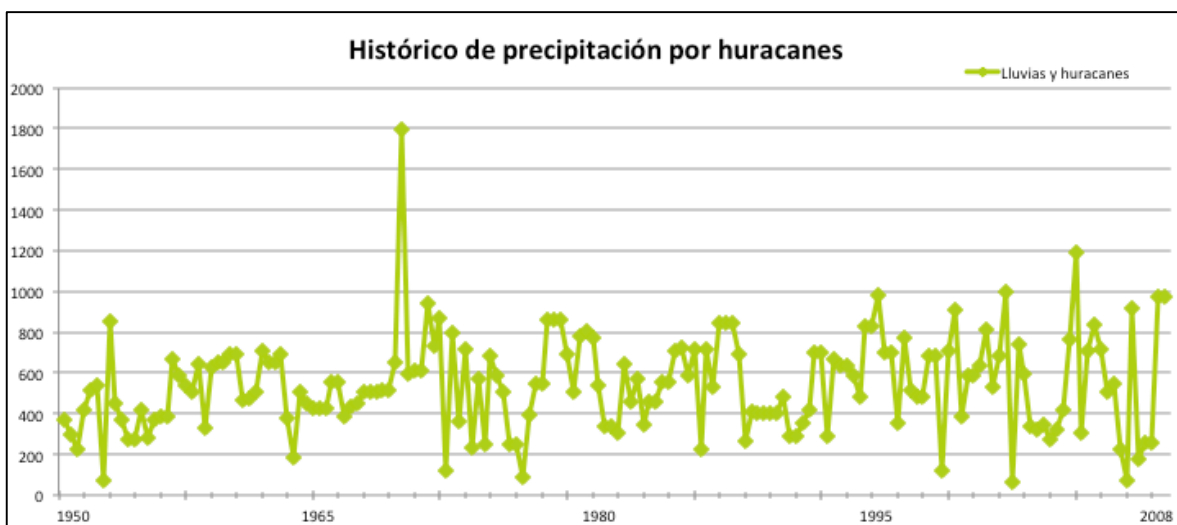


Figura 13. Registro histórico de precipitaciones ocasionadas por Huracanes de 1950 al 2008. Elaboración propia.

De los huracanes registrados desde el año de 1950 hasta 2008 se puede destacar 18 huracanes con vientos máximos de hasta 500km/h identificados por las estaciones meteorológicas y con precipitaciones relacionadas a precipitaciones extremas. Por otro lado, solo un huracán de la misma magnitud de viento no se le relaciono con precipitaciones extremas. Con ello se puede decir que la frecuencia de huracanes que generan precipitaciones extremas es de 90%, con lo cual y de acuerdo con lo presentado por Jien y Gough (2013), se especula que en un periodo de tiempo de 35 años se espera que de los huracanes que tocan tierra se repitan eventos que ocasionen precipitaciones extremas.

5.3. Deslaves

Para la estimación de riesgo de deslave se elaboró el mapa de elevaciones y después el mapa de pendientes que se presentan en el Anexo B. Con dichas imágenes podemos observar que la cuenca presenta relieve muy accidentado siendo la parte alta donde se presenta mayor altura (2000 msnm) y la parte baja hasta por debajo del nivel del mar.

5.3.1 Caracterización geológica

En el mapa edafológico en la Figura 11 podemos identificar que predomina el regosol, seguido por cambisol, litosol y por ultimo livosol. En la parte alta de la cuenca donde encontramos terreno más accidentado predomina el litosol que es donde se encuentran las zonas con pendientes más pronunciadas, entre los diferentes tipos de deslaves

podemos identificar la precipitación de rocas que al ser la parte más elevada de la cuenca presenta pendientes de 45° o mayores lo que expone a comunidades como Laguna Tres Marías, San Luis Acatlán y Lázaro Cárdenas.

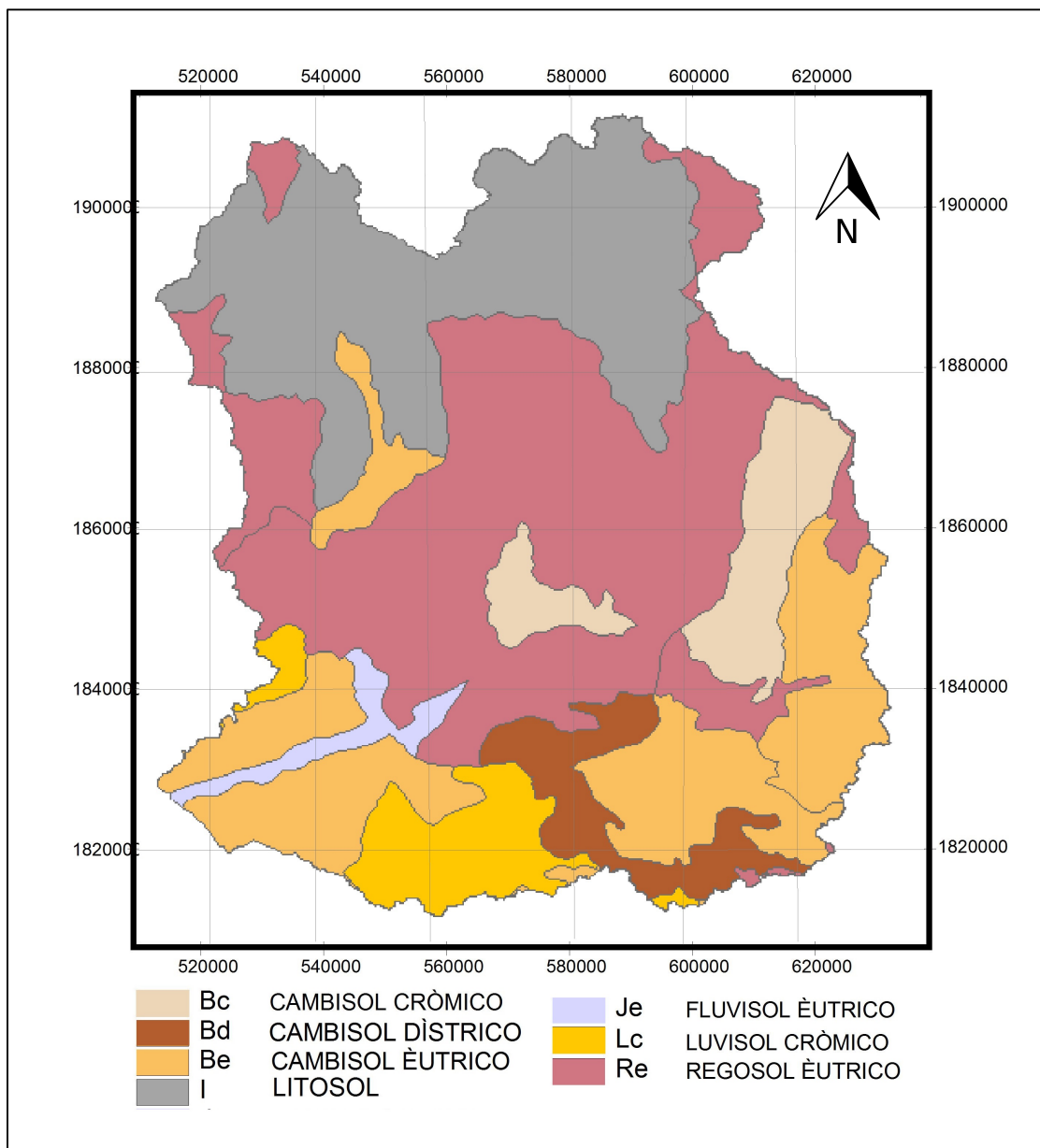


Figura 11. Mapa de tipos de suelo. Fuente: Elaboración propia con información del INEGI (2012).

5.3.2 Hidrografía y clima

Como parte del análisis climático podemos destacar que en la parte noroeste de la cuenca se registra la mayor precipitación de la cuenca hasta 2400 mm mensuales como lo muestra la Figura 12. En esta zona se localizan pendientes de hasta 45° por ello poblaciones como Pueblo Hidalgo, Iliatenco y San Luis Acatlán se encuentran expuestas a deslaves, que si bien dichas poblaciones no se encuentran asentadas en zonas de alto riesgo, los caminos que comunican dichas poblaciones si cruzan pendientes pronunciadas lo que en caso de lluvias intensas es susceptible a deslaves vulnerando la comunicación y el acceso a bienes.

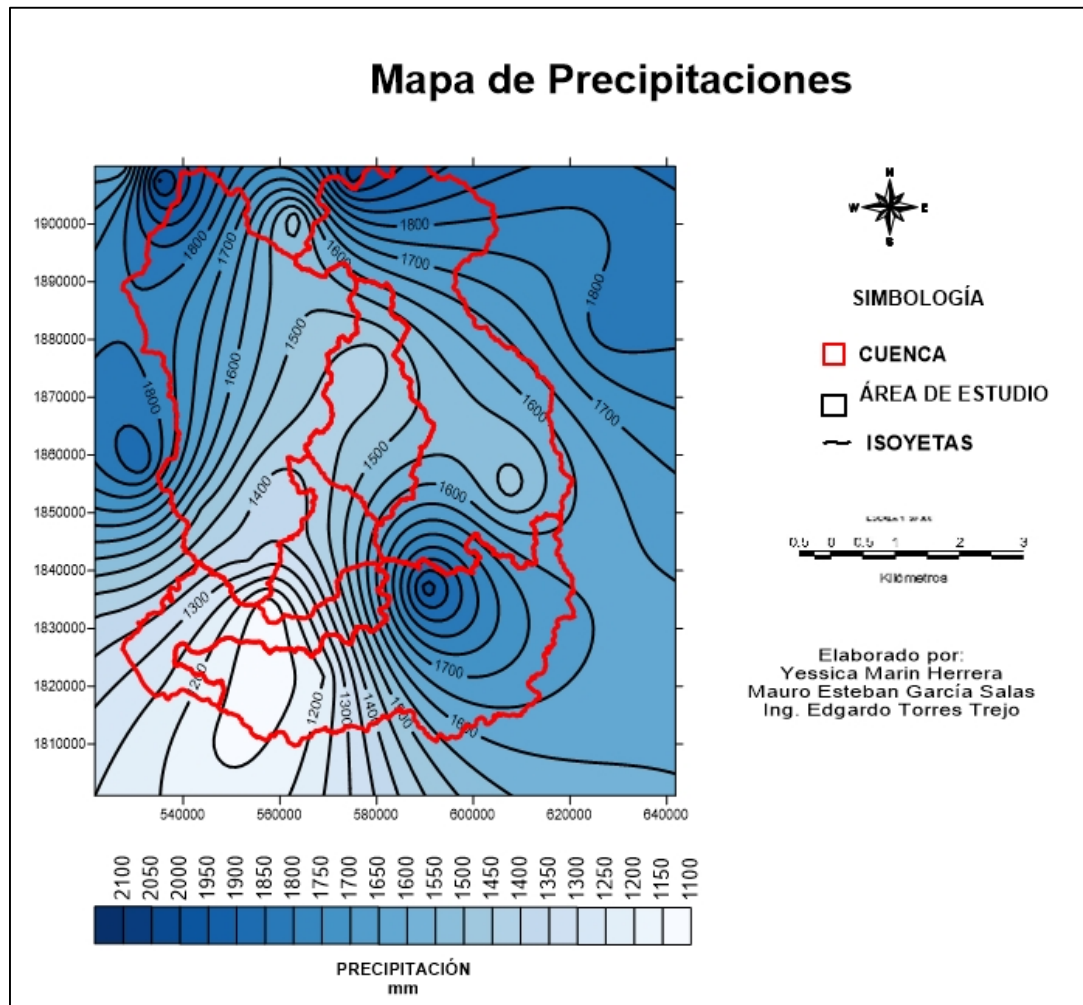


Figura 15. Mapa de precipitaciones. Elaboración propia.

Por otra parte, podemos identificar intensa concentración de lluvia en el extremo norte de la cuenca, en esta zona se localizan comunidades pequeñas que al estar en la parte más alta de la cuenca de igual forma podrían correr riesgo al conjugarse lluvias intensas con lo accidentado del terreno.

Otro punto importante a destacar con respecto a las lluvias es en la parte baja central de la cuenca donde se reporta precipitaciones mayores a los 2000mm/mensuales, la elevación es escasa en esta zona y disminuye aguas abajo llegando a depresiones con respecto al nivel del mar por esa razón se considera que la parte baja central de la cuenca es susceptible a inundaciones causadas por tormentas intensas.

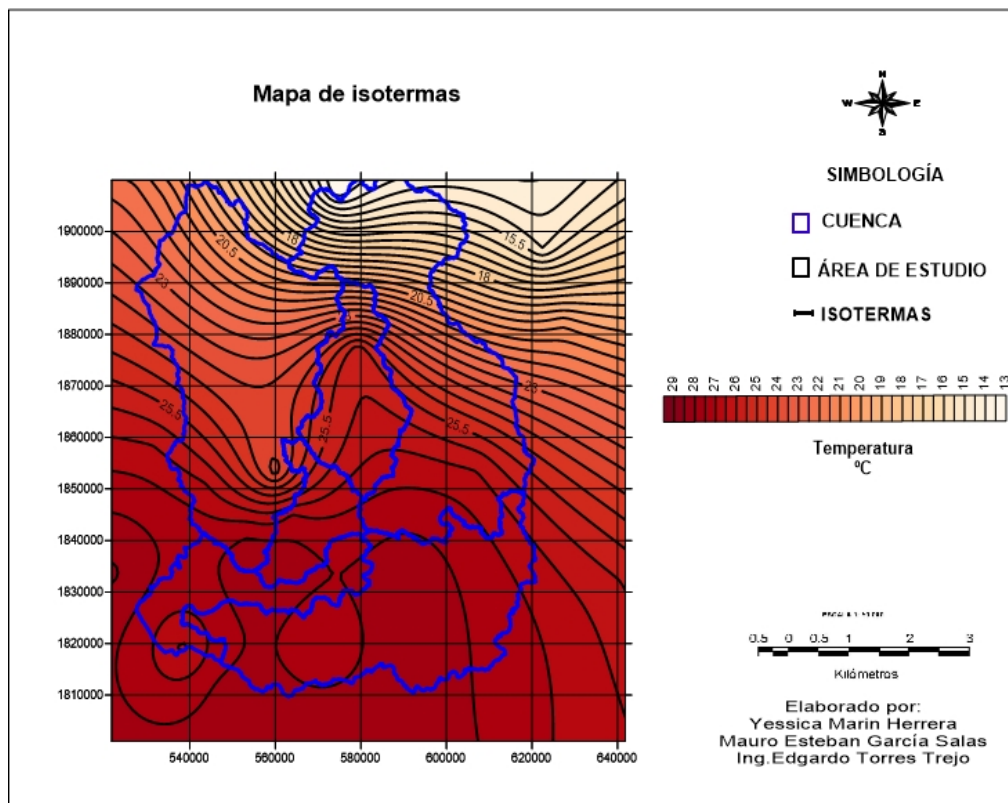


Figura 17. Mapa de temperaturas. Elaboración propia.

Con respecto a la temperatura, podemos observar que en la parte baja de la cuenca la temperatura media mensual llega hasta los 28° C, mientras que en la parte alta de la cuenca llega a ser hasta de 16° C. Esto se debe a la diferencia de alturas ya que mientras la

parte baja de la cuenca llega a tener depresiones con respecto al nivel del mar, el parteaguas al norte de la cuenca llega hasta más de 2000 msnm.

Como continuación de la evaluación climática por el método del Segundo Sistema de Thornthwaite se obtuvieron los diferentes climogramas de cada estación meteorológica que se presentan en el anexo B. De dichos climogramas es importante destacar los ubicados en la parte noreste de la cuenca correspondientes a las estaciones meteorológicas de Tlacoapa y San Luis Acatlán donde se indicó la mayor presencia de lluvias, de los cuales se puede observar que la evapotranspiración es alta sin embargo en los meses de lluvia la húmeda conservada en el sistema es buena, es decir el sistema soporta el exceso de humedad sin riesgo de deslave.

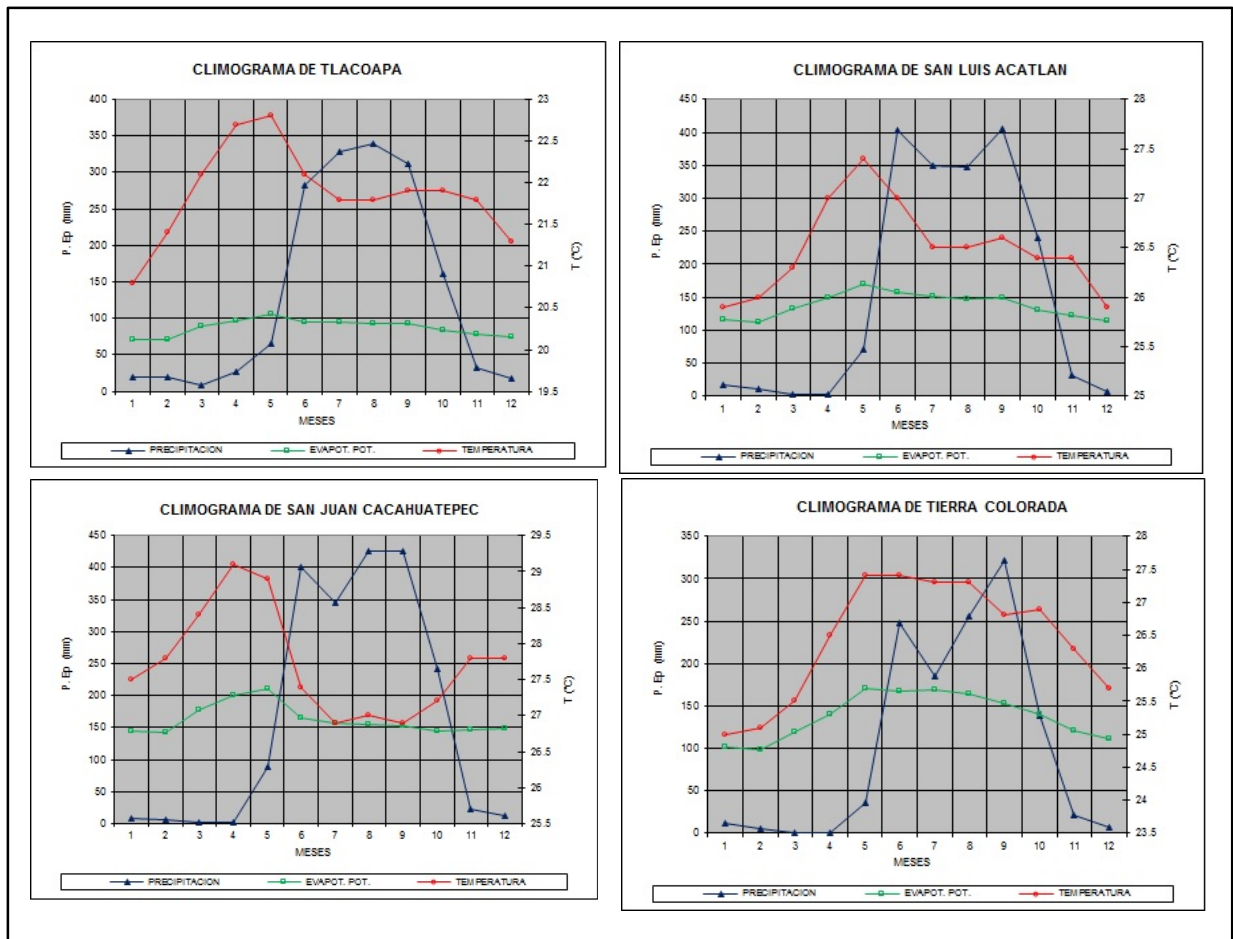


Figura 19. Climogramas de cuatro estaciones representativas. Fuente: elaboración propia

Por otra parte, en la parte baja de la cuenca donde se encuentran las temperaturas más altas podemos tener los climogramas correspondientes a las estaciones meteorológicas de San Juan Cacahuatpes y Tierra colorada. En esta zona podemos observar que la evapotranspiración es muy alta haciendo una zona árida, sin embargo por ubicarse en la parte central de la cuenca y con inclinaciones poco pronunciada el riesgo de deslave es mínimo.

5.4. Eutrofización

Siguiendo lo establecido por la técnica ERFCA se obtuvieron los valores de descargas que se presentan en la Tabla 5, que al encontrarse dentro de la cuenca se especula que dichas descargas se depositen en el humedal de Barra de Tecoaapa.

Tabla 7. Resultados de la técnica ERFCA

Población	Volumen de desecho (m ³ /año)	DBO5	DQO	(Ton/año)		
				SS	N	P
125955	4693805.1	1604423.9	3623824	2245072	415651.5	50382
Referencia		11734512750	No especificado	15646017000	5867256375	1955752125

DBO₅: Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días

DQO: Demanda Química de Oxígeno

SS: Sólidos Suspendidos

N: Nitrógeno

P: Fósforo

Se comparan con los valores que establece la NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de agua residuales en aguas y bienes nacionales, que corresponde. Dicha norma nos indica los límites de los contaminantes que se estimaron con la técnica ERFCA, al hacer la comparación podemos identificar que las descargas de contaminantes no superan lo establecido en la NOM, por lo cual se puede desestimar el riesgo por eutrofización.

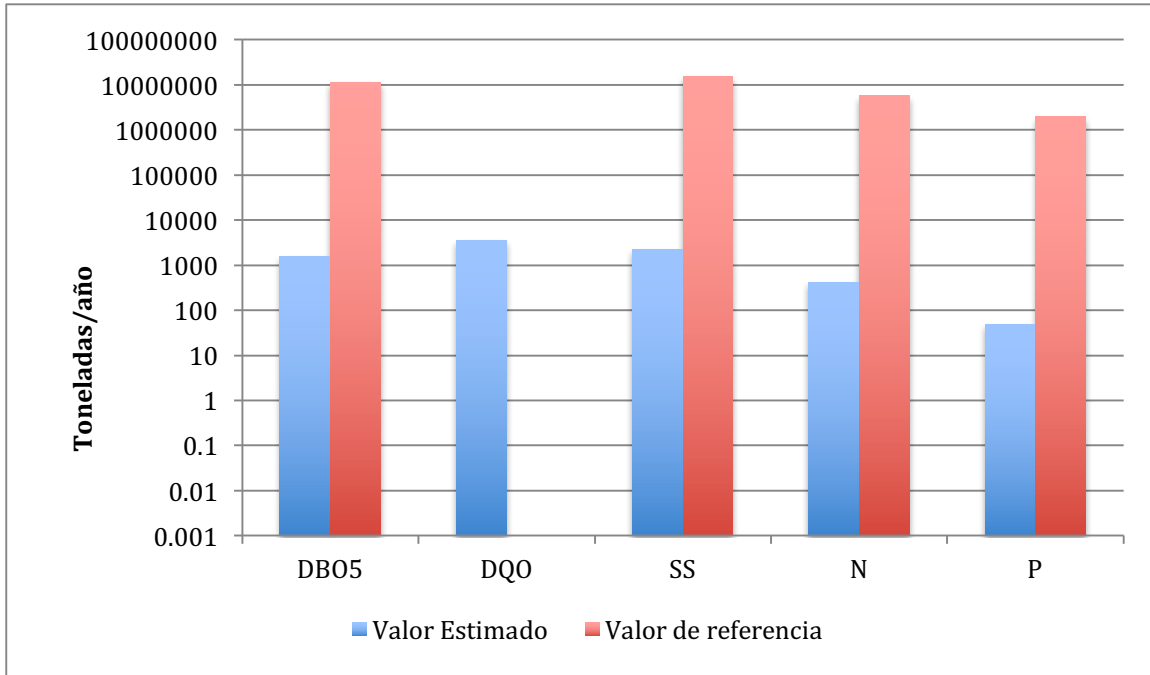


Figura 20. Comparación de valores estimados y valores de referencia con la técnica ERFCA y la NOM-001-SEMARNAT-2016

5.5. Intrusión Marina

Se realizó el siguiente balance hídrico para toda la sub cuenca en la cual se ubica el humedal Barra de Tecoanapa, el acuífero que fue considerado para dicho efecto es el denominado quedando de la siguiente forma:

$$S = R - (DCOM + VCAS)$$

donde

s = Almacenamiento de agua

DCOM = Descarga natural Comprometida

VCAS = Volumen Concesionado de Aguas Subterráneas

Quedando el balance de la siguiente manera en millones de metros cúbicos anuales:

$$S = 180 - (44.57)$$

quedando con una ganancia de 135.44 millones de metros cúbicos anuales, que de acuerdo con (Freeze y Cherry, 1979) el riesgo por intrusión marina o salinización de aguas freáticas se puede desestimar.

A pesar de ello, por la ubicación de poblaciones muy cercanas a la línea de costa, su escasa altura con respecto al nivel del mar y la textura del suelo donde predomina la arena es posible que existan fluctuaciones en la salinidad del agua que es utilizada día a día para actividades cotidianas

5.6. Percepción de riesgo

Con respecto a la percepción de riesgo se puede destacar que no existe un programa de gestión de riesgos establecido por las autoridades municipales, sin embargo manifestaron que existe una preocupación particularmente por las lluvias intensas que se han vivido últimamente que han ocasionado inundaciones, afectaciones a caminos, pérdida de ganado y aumento de enfermedades. Las autoridades de la comunidad de igual forma a pesar de saber que se encuentran expuestos a ciertas amenazas naturales no cuentan con información de cómo responder a una situación de emergencia.

Por otra parte, entre los testimonios de las personas entrevistadas se puede identificar que las amenazas que mantienen más presentes son las lluvias intensas ocasionadas por huracanes, de acuerdo a testimonios cada dos años las temporadas de huracanes traen eventos extraordinarios causando destrucción en viviendas. La mayoría de las viviendas son construcciones de albañilería con muros de ladrillos y confinados entre pilares y cadenas de hormigón que son resistentes a las tormentas, sin embargo en la línea de playa se encuentran restaurantes contruidos de palma, que en su mayoría son desmontados en temporada de huracanes para evitar la pérdida de enseres de cocina.

Se podría decir que la población en esta zona se adaptó a las condiciones de temporales a los que se enfrentan año con año, sin embargo es importante destacar que la intensidad de las lluvias ha aumentado en los últimos años y la tendencia es que se intensifiquen.

De los eventos meteorológicos que los pobladores tienen en mente se encuentra el llamado ciclón dolores (1974), tormenta que alcanzo únicamente el nivel de huracán 1 sin embargo los registros de precipitación en las estaciones meteorológicas, son los más altos desde de los últimos sesenta años llegando hasta los 1800 mm/m². Los testimonios recolectados señalan que se perdieron muchas vidas humanas, ganado y pérdidas de cultivos, así como el desplazamiento de comunidades enteras. Destacan la ausencia de ayuda por parte del gobierno en todos los niveles.

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1. Conclusiones

La investigación se orientó a la caracterización de riesgos naturales que ocasionan la exposición a eventos que conducen a catástrofes naturales en la cuenca del río Quetzala, son apremiantes para salvaguardar la integridad de los pobladores y por otra parte las condiciones naturales que han favorecido la conservación de biodiversidad en el humedal Barra de Tecoaapa. Es por ello que es importante dar a conocer a los pobladores de las situaciones de riesgo en las que se encuentran y en la medida de lo posible diseñar rutas de evacuación en caso de una catástrofe natural.

En la parte alta de la cuenca es importante prestar atención a las poblaciones de Colombia de Guadalupe, San Antonio Abad, Barranca de Águila, Zitlaltepec y comunidades aledañas en el territorio perteneciente al Estado de Guerrero, al encontrarse en zonas de alta marginación y ubicadas en laderas con pendiente pronunciadas, eventos como sismos o precipitaciones ocasionadas por huracanes pueden representar catástrofes y afectar tanto viviendas como vías de comunicación.

Otra zona importante dentro de la cuenca del río Quetzala es la parte baja de la cuenca donde se ubican las poblaciones de Cuajinicuilapa, San José, el Bajo, Barra de Tecoaapa, San Nicolás y Santa María el Cortijo entre otras donde son propensos a inundaciones por encontrarse en alturas hasta inferiores al nivel del mar. En dicha zona se encuentran un gran número de fallas geológicas y epicentros sísmicos lo que denota una gran actividad sísmica que se encuentra liberándose constante mente con sismos menores.

Aunque no es el objeto principal de este trabajo es importante resaltar la influencia que el cambio climático global, asociado al calentamiento global puede ejercer incrementando la incidencia de sucesos naturales peligrosos como los tratados en este trabajo como son tormentas, sequías y desprendimiento de tierras. El calentamiento global introduce más energía a la atmosfera y la tendencia es que aumente dicha energía que de muchas maneras puede aumentar la frecuencia y gravedad de fenómenos naturales.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda contemplar el poblado de Pueblo viejo en la parte alta de la cuenca como una alternativa para instalar un refugio regional en caso de algún desastre ocasionado por eventos naturales como deslizamientos o tormentas extremas que son los más apremiantes en esta parte montañosa.

De igual forma en la parte baja que es más propensa a sufrir inundaciones y destrucción por vientos generados por huracanes se recomienda el poblado de Piedra Ancha como una alternativa para refugio regional que pueda atender a la población de la parte baja de la cuenca.

En la actualidad la intensidad de los huracanes está determinada por la velocidad de los vientos; sin embargo como lo podemos observar en la actualidad lo que ha ocasionado desastres es la cantidad de lluvia que ocasiona los eventos meteorológicos siendo en algunas ocasiones más dañinas tormentas tropicales que tormentas denominadas huracanes. Es por eso que se debe considerar alguna nueva escala que tome en cuenta la humedad que puede depositar una tormenta y así se pueda estimar el efecto que tendrá en el territorio en el que incide.

Bibliografía

- Arriaga, L., Aguilar, V., Jiménez, R., Muñoz, E., & Vázquez, E. (2008). Regiones hidrológicas prioritarias. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, México DF.
- Barlow, M. (2011). Influence of hurricane-related activity on North American extreme precipitation. *Geophys Res Lett* .
- CENAPRED. (2001). Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastre en México. México DF: Secretaria de Gobierno.
- CIRES. (2015). Brecha sísmica de Guerrero ¿una bomba de tiempo? Red Acelerografica de la Ciudad de México. México D.F.
- CONABIO-CONANP-PRONATURA. (2007). Regiones Hidrológicas Prioritarias. México DF: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- CONAGUA. (2012). Atlas Digital del Agua México 2012. México DF: Comisión Nacional del Agua.
- Cotler, H., & Martínez, T. (2010). An Assessment of Soil Erosion Costs in Mexico. En P. Zdruli, *Land Degradation and Desertification: Assesment, Mitigation and Remediation* (págs. 639-648). Berlin: Springer Science.
- Day, J. W., Coronado, C., Vera, F., Rivera, V., Alvarez, H., Day, R., y otros. (1996). A 7 year record of above-ground net primary production in a southeastern Mexican mangrove forest. *Aquatic Botany* , 55 (1), 39-60.
- Dourojeanni, A., Jouravlev, A., & Chávez, G. (2002). Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica. Santiago de Chile: Division de Recursos Naturales e Infraestructura.

El Universal. (21 de 09 de 2013). el universal.mx. Recuperado el 21 de 06 de 2016, de <http://archivo.eluniversal.com.mx/estados/2013/con-perros-buscan-a-desaparecidos-en-la-pintada-952551.html>

EPA. (2001). An Overview of Risk Assessment and RCRA. Washington D.C.: Environmental Protection Agency.

Freeze, A. R., y Cherry, J. A. (1979). Groundwater . New Jersey, U.S.A.U.S.A.: Prentice-Hall, Inc.

García, A. V. (2005). El riesgo como construcción social y la construcción social de riesgos. (C. d. Social, Ed.) Desacatos (19), 11-24.

García, H. J. (18 de junio de 2015). Ha sido 2015 el año más lluvioso para México. El sol de Puebla, pág. 14.

Gil, J., & Castillo, B. (2006). Presencia de fauna silvestre en una selva baja caducifolia impactada por los desarrollos turísticos al sureste de la bahía de Puerto Márques, Municipio de Acapulco, Guerrero, México. En U. A. Morelos, Memorias del V Congreso Internacional y XI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales CNCA (págs. 1-10). Oaxtepec: Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

INECC. (2003). Introducción al Análisis de Riesgo Ambiental. México DF: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

INEGI. (2011). Censo de Población y Vivienda. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Aguascalientes.

INEGI. (2006). Censo de población y vivienda 2005. México DF: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (2009). ERIC III. Extractor rápido de información climatológica. Jiutepec, Morelos.

Ize, I. L., Zuk , M., y Rojas, L. B. (2010). Introducción al análisis de riesgos ambientales. México DF: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Jien, J. Y., & Gough, W. A. (2013). The influence of Atlantic hurricanes on Southern Ontario's precipitation extremes. *Theor Appl Climatol*, 55-60.

Keller, E., & Blodgett, R. (2004). *Riesgos Naturales*. España: Pearson, Orentuce Hall.

Lugo, J. (1988). *Diccionario Geomorfológico*. México: Instituto de Geografía. México DF: Instituto de Geografía. UNAM.

Marín, N. (23 de enero de 2011). México, en riesgo de desastres. *El Sol de México*, pág. 14.

Martínez, F. J., Luis, G. J., & Rull, P. F. (2011). Geoethics and Deontology: From fundamentals to applications in Planetary Protection. *Episodes*, 257-262.

Molerio, L. (2002). Desviaciones en la estimación de la profundidad de la interface agua dulce-agua salada en acuíferos cársicos costeros. *INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL*, 23 (2), 29-35.

National Academy of Sciences. (1983). *Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process*. Washington D.C.: National Academy Press.

Okun, D. A., & Pongish, G. (1975). *Community Wasrterwater*. Genova, Suiza: World Health Organization.

Ordoñez, R. J., Auvinet, G. G., & Juárez, C. M. (2015). Caracterización del subsuelo y análisis de riesgos geotécnicos asociados a las arcillas expansivas de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 453-470.

Quezada, A. (2007). *El sismo de 1985 en cifras*. Servicio Sismológico Nacional, México DF.

Ramírez, P. B., & Navarro, A. S. (2013). *Aves Acuáticas y Marinas de las Costas de Colima, Guerrero y Oaxaca*. CONABIO proyecto HJ006. México DF: CONABIO.

Sandoval, I., y Rodríguez, J. (2012). Evidencias de Interacción entre aguas superficiales y subterráneas a través de las zonas hiporreicas mediante el uso de la hidroquímica y el análisis multivariado en el acuífero de Cuajinicuilapa Guerrero México. *Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 116-129.

SEGOB. (1988). Los Municipios de Guerrero. En G. d. Guerrero, *Enciclopedia de los Municipios de México*. México DF: Centro Nacional de Estudios Municipales.

SEMARNAT. (05 de julio de 2013). Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas hidrológicas río papagayo 1, río petaquillas, río omitlán, río papagayo 2, río papagayo 3, río papagayo 4, río cortés, río nexpa 1, río nexpa 2, río copala, río marquelia 1, río marquelia 2, río quetzala, río infiernillo, río santa catarina, río ometepec 1, río ometepec 2, río ometepec 3, río cortijos 1, río cortijos 2, río cortijos 3, río cortijos 4, río ometepec 4, río la arena 1, río la arena 2, laguna de corralero, río la arena 3, río atoyac-salado, río atoyac- tlapacoyan, río sordo-yolotepec, río atoyac-paso de la reina y río verde, así como la ubicación geográfica de las cuencas que en el mismo se indican, mismas que forman parte de la región hidrológica número 20 costa chica de guerrero. *Diario Oficial de la Federación*.

Servicio Sismológico Nacional. (02 de agosto de 2016). Reporte de sismos en la Republica Mexicana. Recuperado el 02 de agosto de 2016, de Instituto de Geofísica: www.ssn.unam.mx

Servicio Sismológico Nacional. (02 de agosto de 2016). Divulgacion. Recuperado el 02 de agosto de 2016, Instituto de Geofísica: <http://www.ssn.unam.mx/divulgacion/carteles/>

Tovilla, C. H., y Orihuela, E. B. (2002). Supervivencia de *Rhizophora mangle* L. en el manglar de Barra de Tecoaapa, Guerrero, México. *Madera y Bosques*, 89-102.

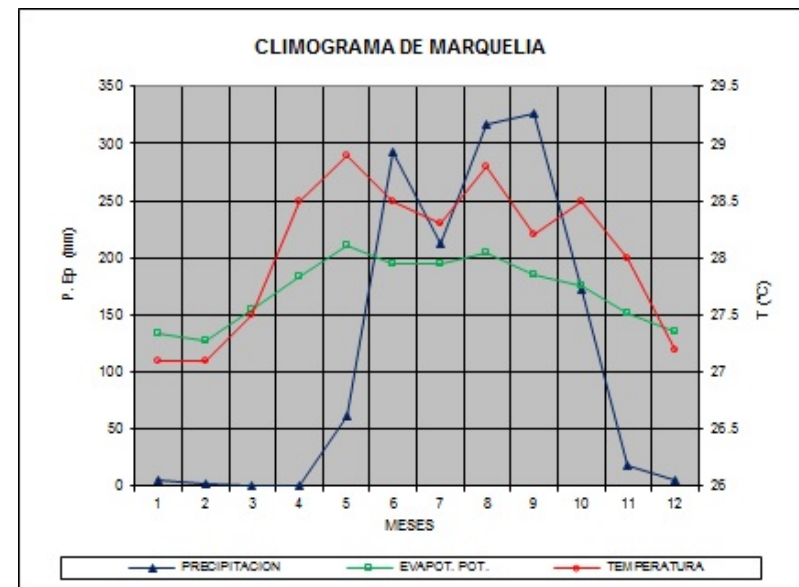
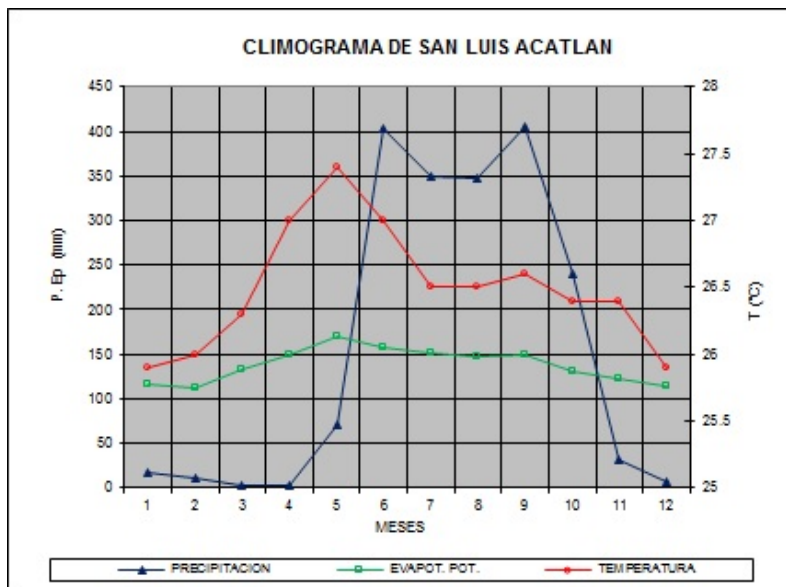
Tovilla, C., y Orihuela, E. (2000). Ecología de los bosques de mangle y algunos aspectos socioeconómicos de la zona costera de Barra de Tecoaapa Guerrero: un estudio integral. En INE, *Gaceta Ecológica* (págs. 47-61). México DF: SEMARNAT.

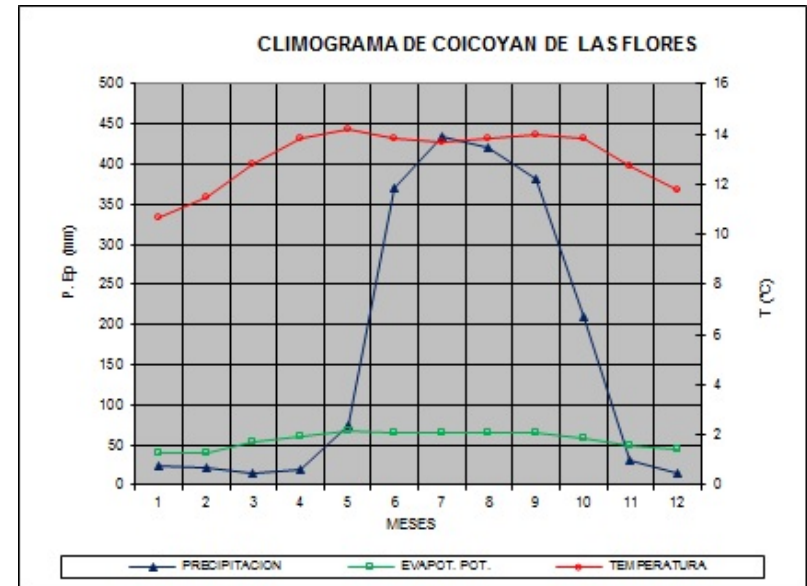
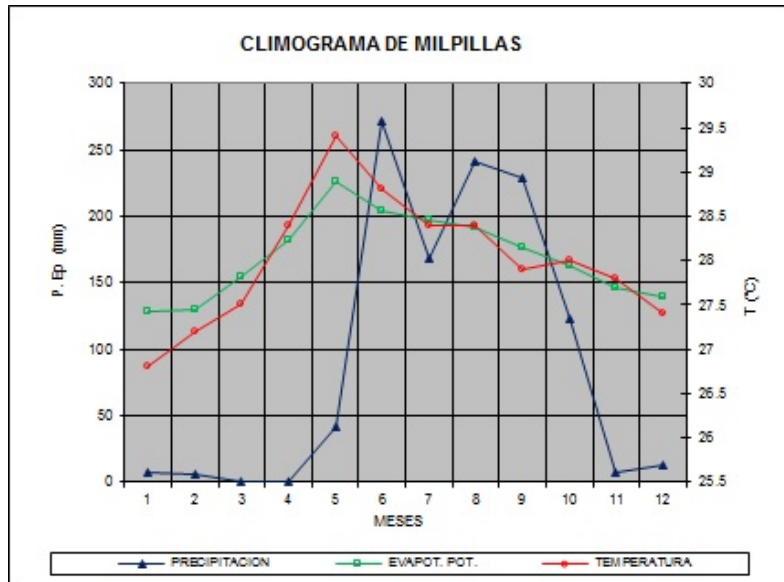
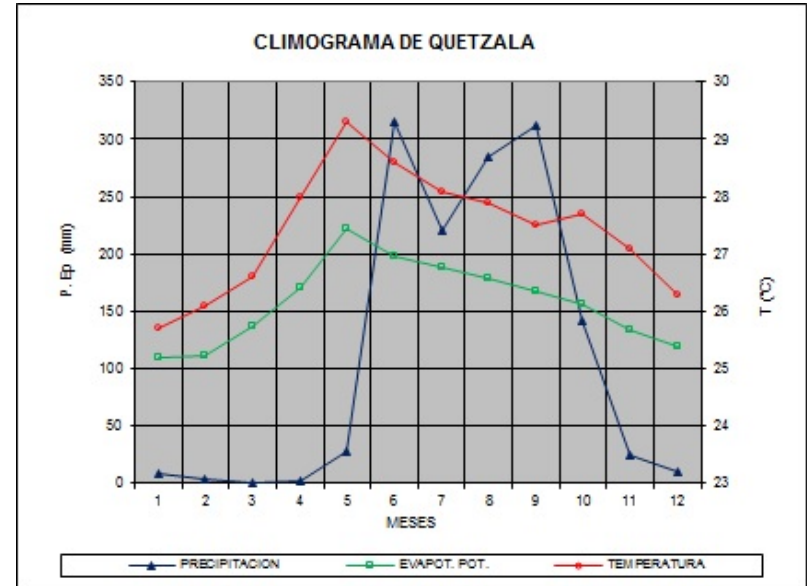
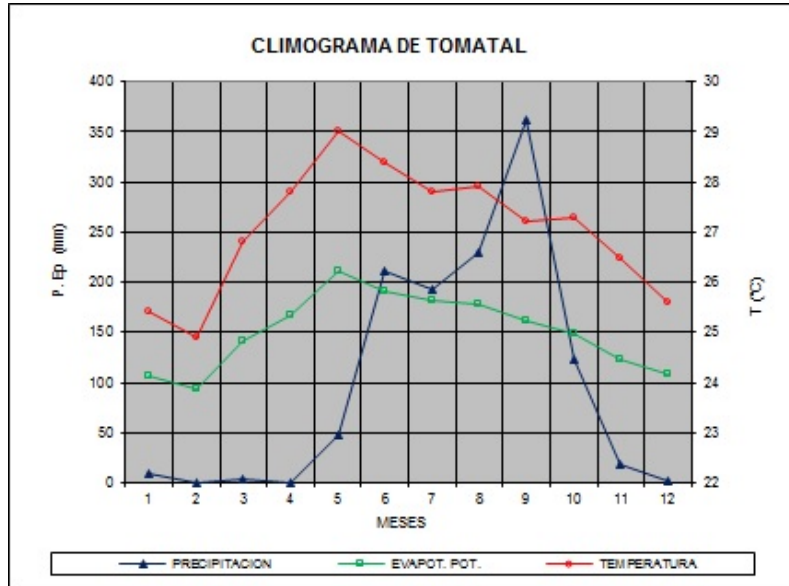
Tovilla, C., Mora, S., Rojas, J., & Vázquez, A. (2009). Caracterización del sitio de manglar Barra de Tecoaapa (Desembocadura del río Ometepec). En CONABIO, *Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica*. México DF: CONABIO.

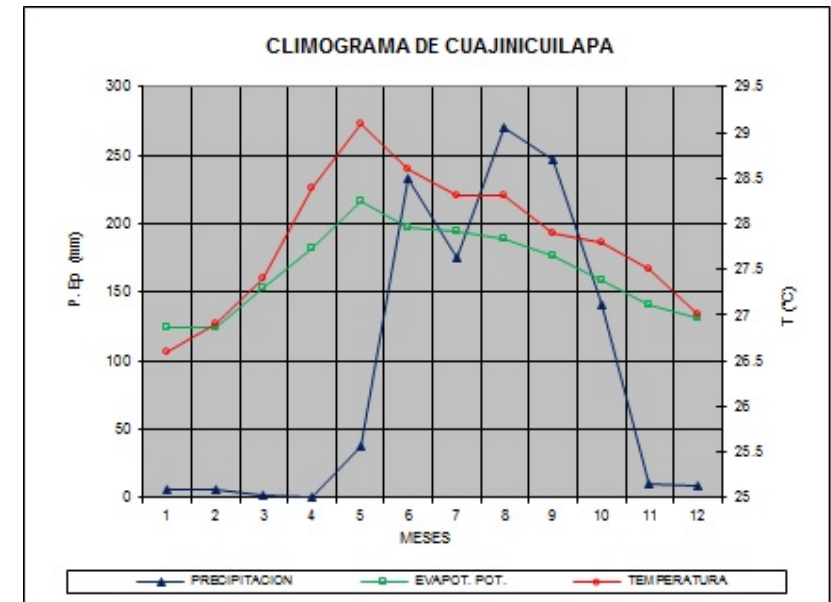
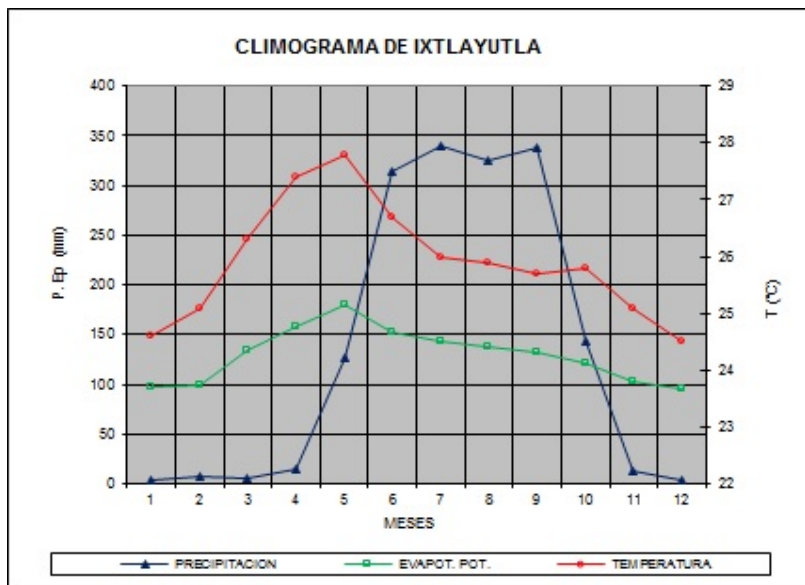
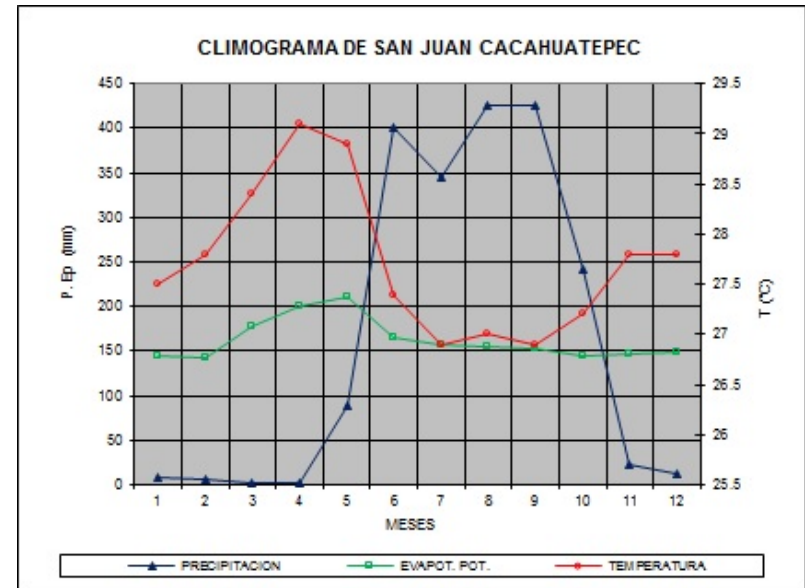
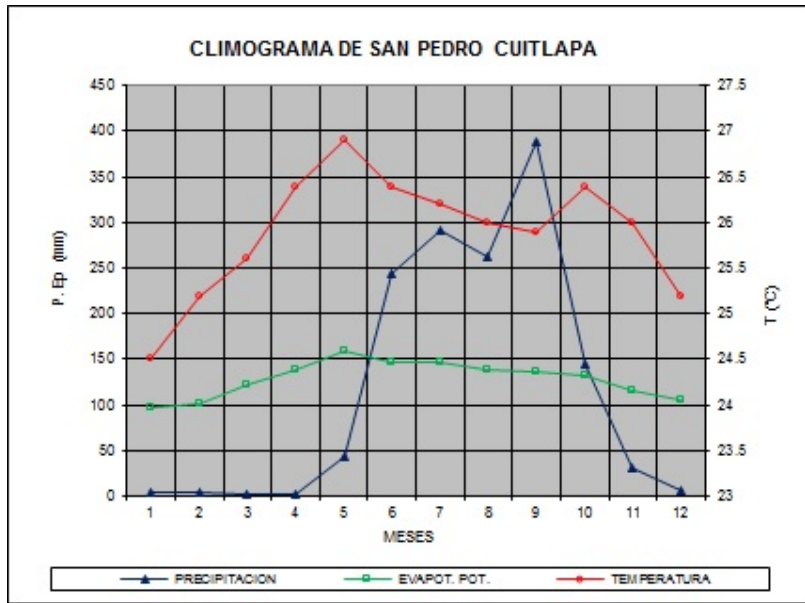
Unisys Weather. (29 de abril de 2015). Eastern Pacific Tropical Storm Tracking by Year. Recuperado el 23 de agosto de 2016, de UNISYS: http://weather.unisys.com/hurricane/e_pacific/index.php

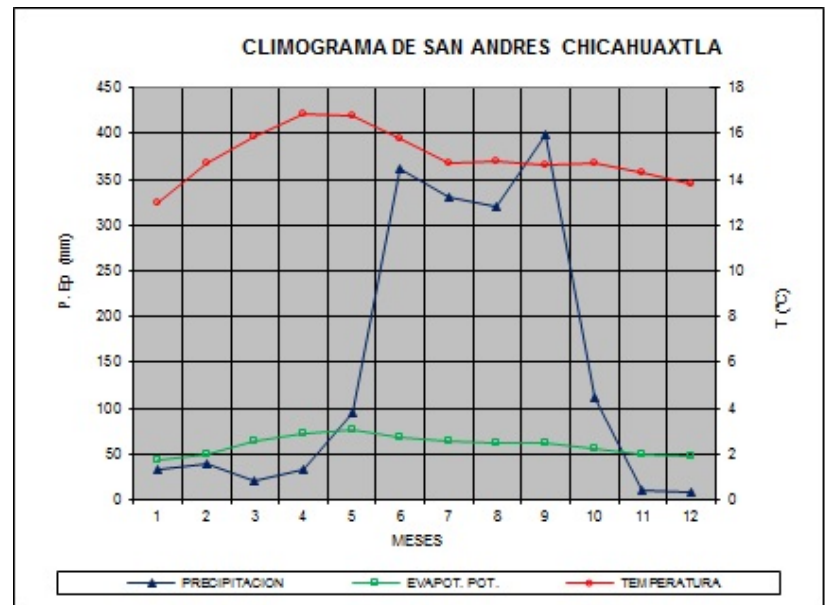
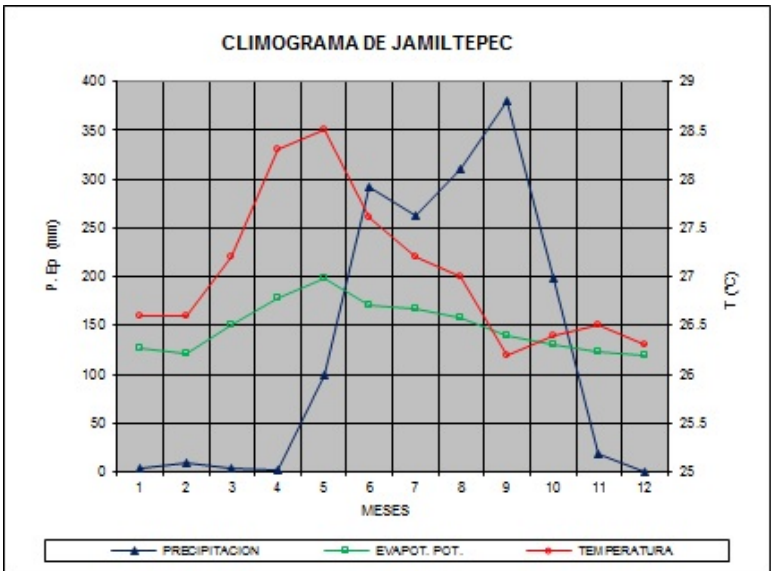
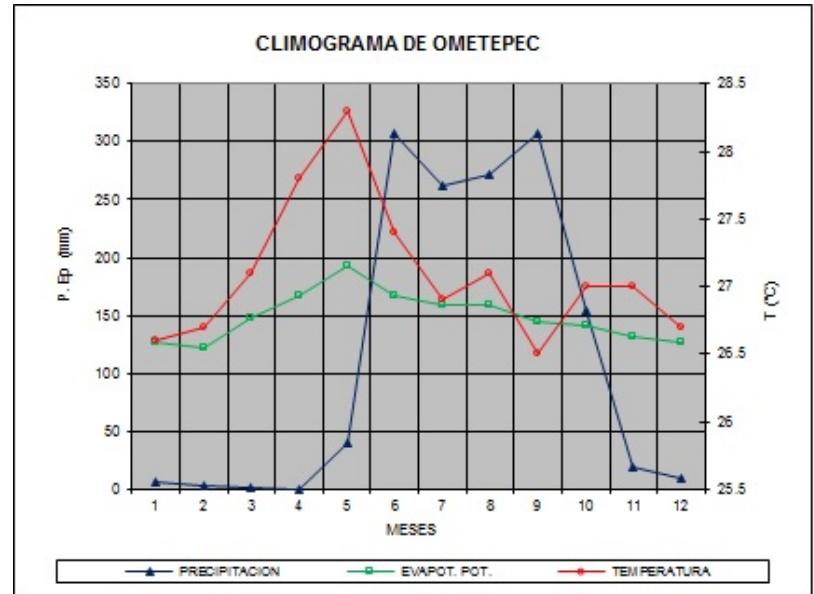
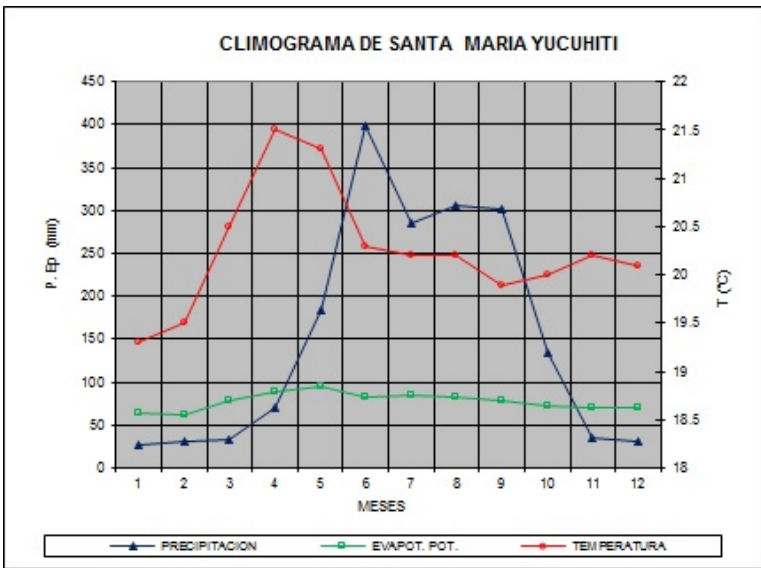
Walker, J., Dowling, T., & Veitch, S. (2006). An assesment of catchment condition in Australia. *Ecological Indicators*, 6 (1), 205-214.

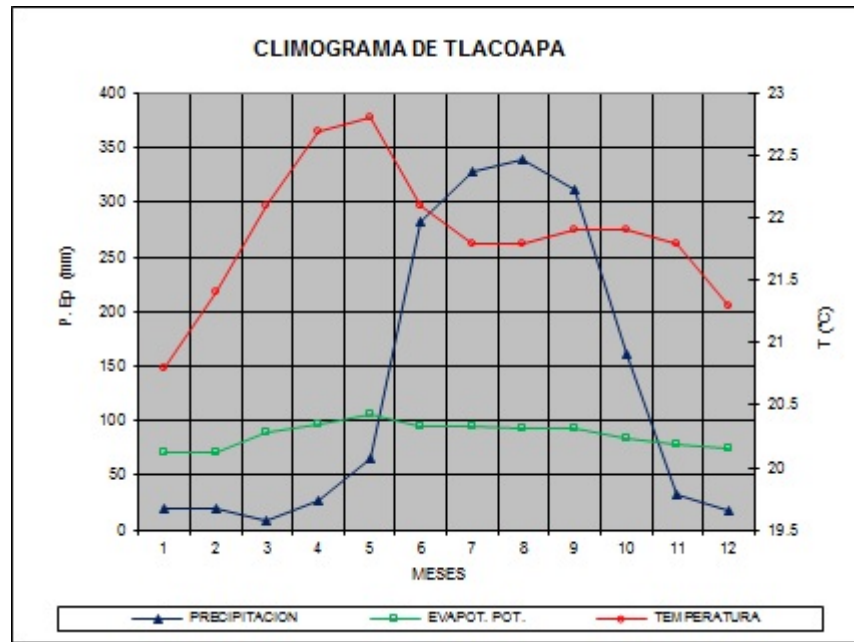
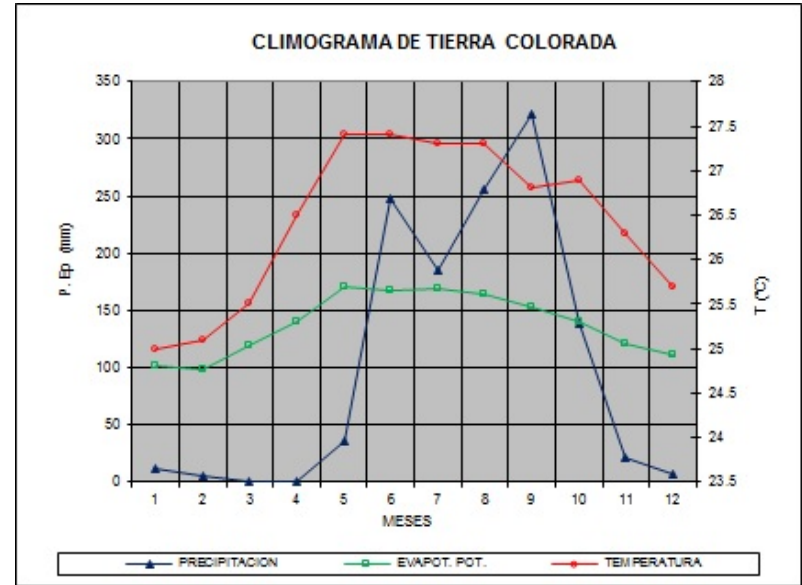
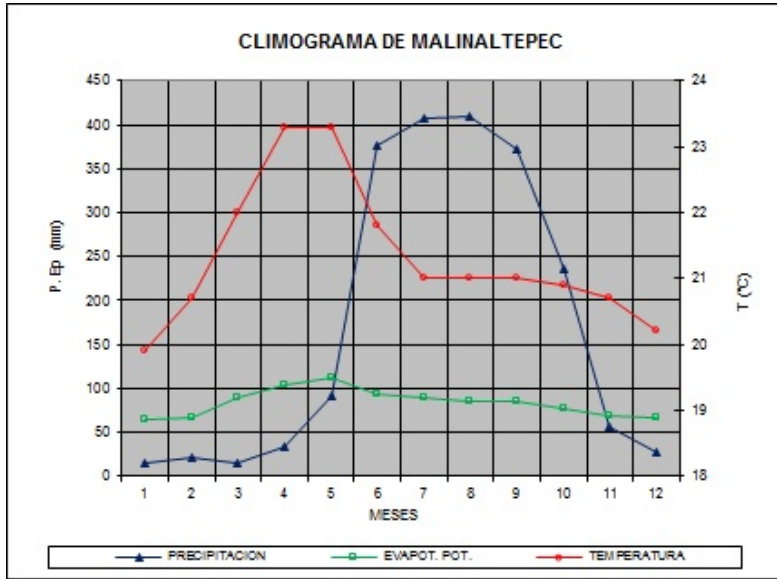
Anexo A. Climogramas de las Estaciones Meteorológicas



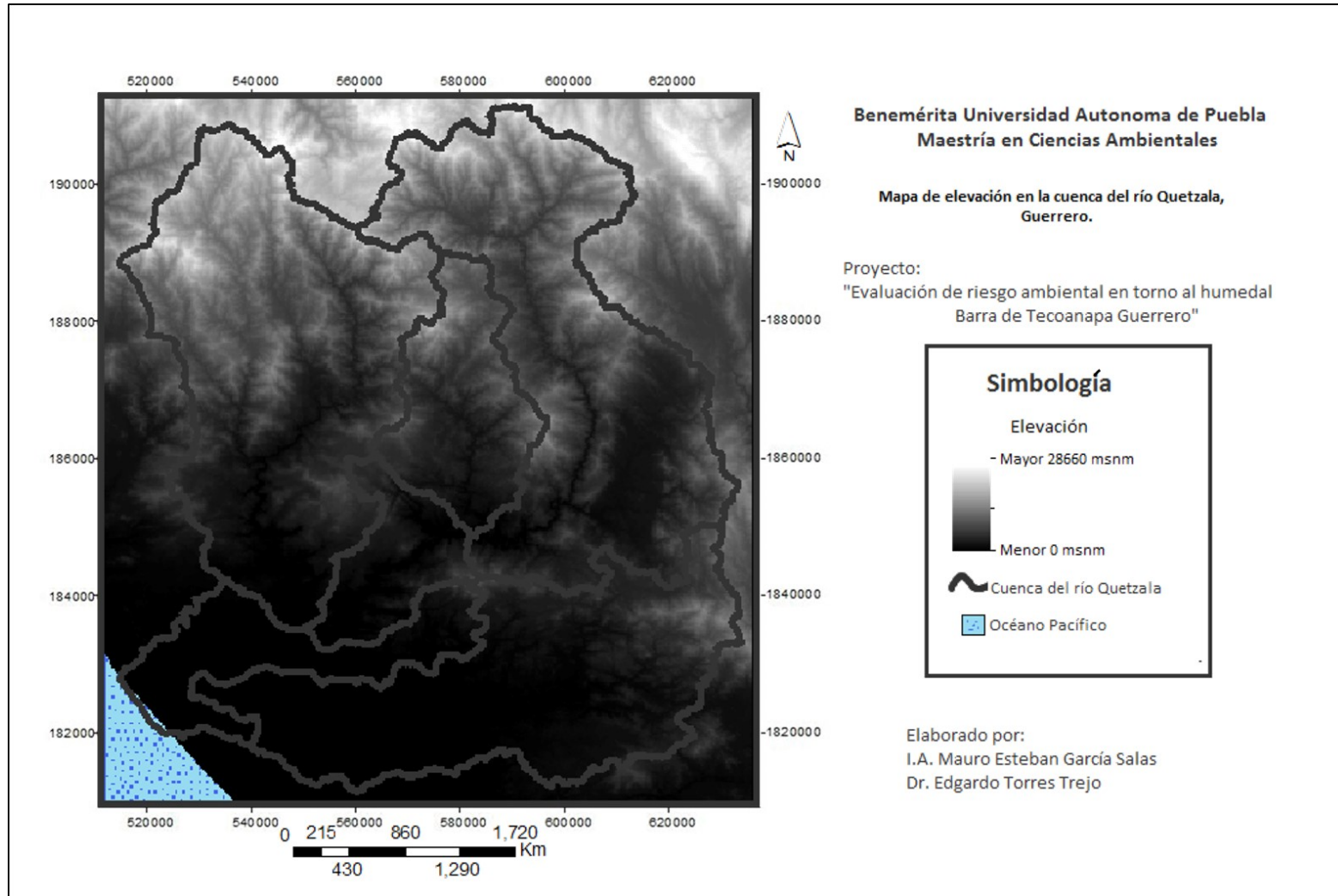




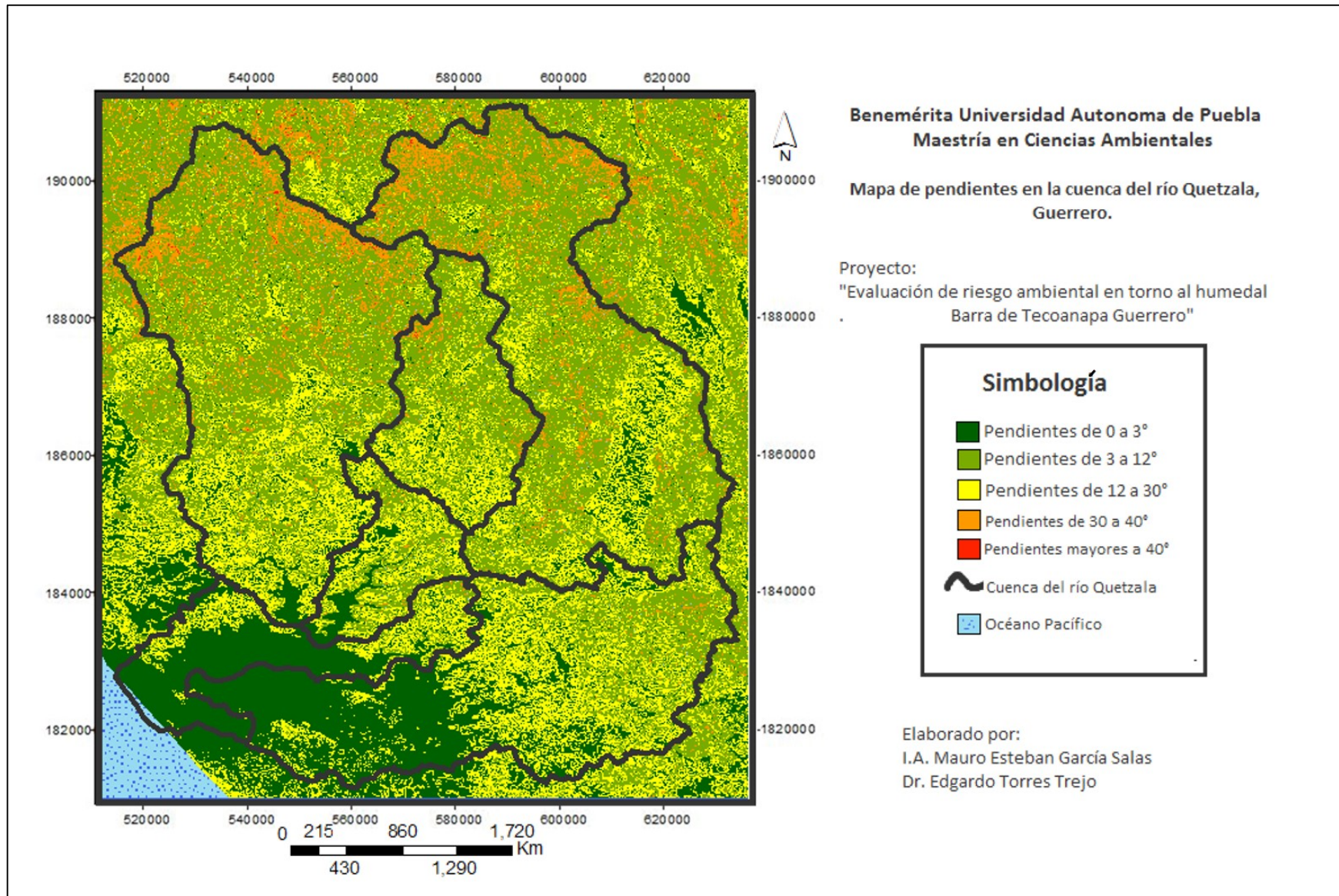




Anexo B. Mapa de Elevaciones

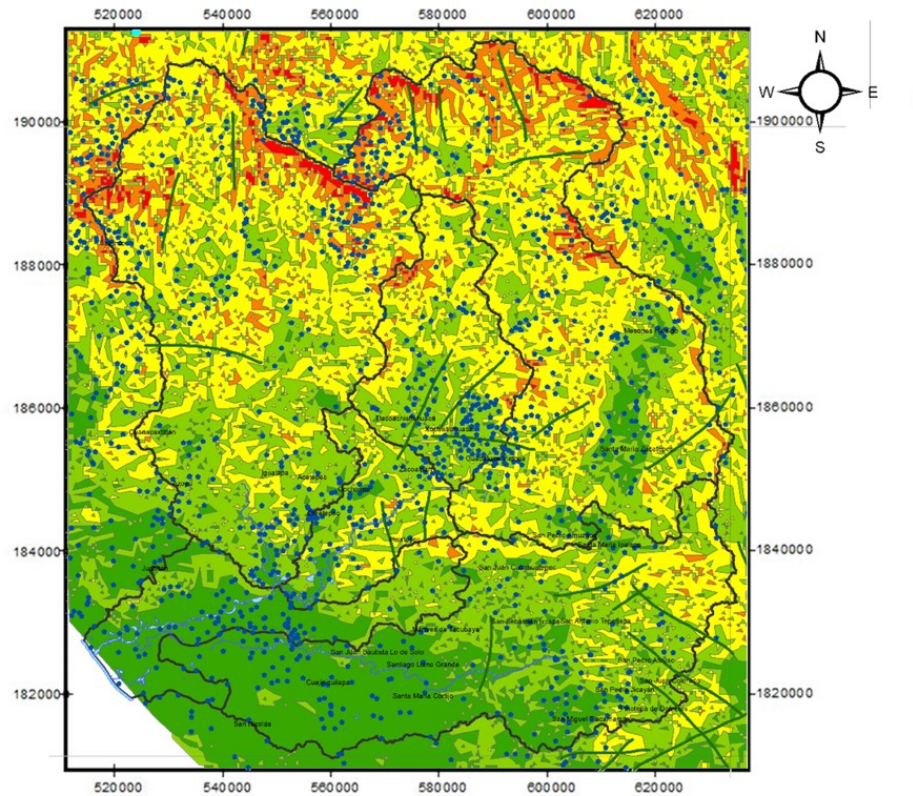


Anexo C. Mapa de Pendientes



Anexo D. Mapa De Elevaciones y Fallas Tectónicas

Mapa de Pendientes y Fallas Tectónicas Cuenca del Río Quetzala



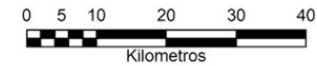
Simbología

- Localidades
- Localidades principales con más de 5 000 habitantes
- Cuerpos de agua
- Limites de la cuenca
- Fallas geológicas

Pendientes en %

- 0-3
- 3-12
- 12-30
- 30-45
- >45

Escala 1 :50 000



Elaborada por: I.A. Mauro Esteban García Salas

Como parte del trabajo de tesis de maestría titulado:
ANÁLISIS DE RIESGO AMBIENTAL EN TORNAL AL
HUMEDAL BARRA DE TECOANAPA, GUERRERO.

Posgrado en Ciencias Ambientales
Instituto de Ciencias
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

La información fue compilada de las cartas 1:50 00 del
Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
Los valores de las alturas son aproximados.

Referencia de Cotas: Nivel Medio del Mar

Anexo E. Mapa de Fallas Geológicas y Sismos

Mapa de Sismos y Fallas Geológicas de la Cuenca del Río Quetzala

