



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**



**DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES**

**EVALUACIÓN ECONÓMICA DE OBRAS PARA  
PREVENIR EFECTOS DE HURACANES EN LA  
SUBCUENCA DE MANIALTEPEC, OAX.**

**TESIS**

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CIENCIAS  
FORESTALES**

**PRESENTA**

**LÓPEZ CAMACHO MARIBEL**



**REG. GENERAL ACADEMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES**

Chapingo, México; enero de 2017

La tesis intitulada: **Evaluación económica de obras para prevenir efectos de huracanes en la subcuenca de Manialtepec, Oax.**, realizada por **Maribel López Camacho**, bajo la dirección del **Dr. José Luis Romo Lozano** y del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES**



DIRECTOR: \_\_\_\_\_

Dr. José Luis Romo Lozano



ASESOR: \_\_\_\_\_

M.C. Alejandro Corona Ambríz



ASESOR: \_\_\_\_\_

Dra. Amparo Borja de la Rosa

## DEDICATORIA

A mi esposo, por su incondicional apoyo y compañía, así como por sus valiosos consejos.

A mis padres, por brindarme todo su amor y su apoyo a lo largo de mi preparación académica.

A mis hermanos, que siempre me apoyan en todo momento.

A mis amigos, Lupita Arce, Juan Manjarrez y Sonia Jiménez, que me han acompañado en esta etapa de mi vida.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo, por darme la oportunidad de continuar con mi preparación académica.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por financiar mis estudios de posgrado.

A mi director de tesis Dr. José Luis Romo Lozano por su asesoría y apoyo, así como a mi comité de tesis, por la asesoría y revisión de la presente tesis.

Al Dr. Dante Arturo Rodríguez Trejo y al Maestro Juan Manjarrez, por la revisión y asesoría en la construcción del *Abstract de la presente tesis*.

## **DATOS BIOGRÁFICOS**

**Maribel López Camacho** (23 de noviembre de 1989), nació en Tepetlaoxtoc, Estado de México. Realizó sus estudios básicos en el mismo municipio. Cursó la Preparatoria Agrícola en la Universidad Autónoma Chapingo durante el periodo 2005-2008. Estudió la carrera de Ingeniero Forestal en la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo durante el periodo 2008-2012.

Laboró desempeñando las actividades de gestión, revisión y evaluación de la documentación de apoyo para Auditorías Técnico Preventivas Forestales durante el periodo de 2012-2013.

En otoño de 2014 ingresó al posgrado, cursando la Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, en la Universidad Autónoma Chapingo.

## Tabla de contenido

Lista de cuadros.....	VII
Lista de figuras.....	VIII
RESUMEN .....	9
ABSTRACT .....	10
I Introducción.....	11
1.1 Objetivos .....	12
1.2 Hipótesis.....	13
II Antecedentes .....	14
2.1 Nivel Nacional .....	14
2.2 Nivel Regional .....	16
III Materiales y métodos .....	22
3.1 Método de evaluación económica Relación Beneficio/Costo.....	23
3.2 Descripción del área de estudio .....	24
3.2.1 Clima .....	26
3.2.2 Orografía .....	26
3.2.3 Suelos .....	27
3.2.4 Hidrografía.....	27
3.2.5 Tipos de vegetación .....	27
3.2.6 Fauna .....	29
IV Resultados y discusión .....	30
4.1 Impacto de los huracanes en la subcuenca de Manialtepec.....	30
4.2 Cuantificación de los daños causados por inundaciones en 2014.....	31
4.3 Propuestas de obras de prevención de los daños causados por los huracanes.....	36

4.4	Costos de las medidas de prevención propuestas.....	57
4.6	Cuantificación de la relación beneficio/costo .....	66
5	Conclusiones y recomendaciones.....	68
6	Literatura citada.....	69
7	Anexos.....	73

### **Lista de cuadros**

Cuadro 1.	Distribución porcentual de las estimaciones de pérdidas según sectores económicos por tipo de evento y sub regiones (en porcentaje del total de pérdidas). .....	15
Cuadro 2.	Evaluación de daños por huracán Paulina en municipios de Oaxaca, México.....	18
Cuadro 3.	Evaluación de daños por huracán Carlotta en municipios de Oaxaca, México.....	19
Cuadro 4.	Evaluación de daños por huracanes Ingrid y Ernesto en Oaxaca. ....	21
Cuadro 5.	Costo por daños en cultivos de maíz de la subcuenca de Manialtepec.	32
Cuadro 6.	Costo por daños en cultivos de frijol de la subcuenca de Manialtepec..	32
Cuadro 7.	Costo por daños en plantaciones de café de la subcuenca de Manialtepec. .....	33
Cuadro 8.	Costo por daños en ganadería de la subcuenca de Manialtepec. ....	34
Cuadro 9.	Costo por daños en vivienda de la subcuenca de Manialtepec. ....	34
Cuadro 10.	Costo total de daños causados por Marie.....	35
Cuadro 11.	Volumetría de 1m lineal de muro de mampostería. ....	43
Cuadro 12.	Cimentación en sustrato tipo III para pendientes de 5 a 20 % para una longitud de 1.00 m lineal de muro.....	44
Cuadro 13.	Especies de árboles recomendadas para cortinas rompevientos en climas tropicales.....	50

Cuadro 14. Especies de árboles recomendadas para cortinas rompevientos en climas templados. ....	50
Cuadro 15. Especies de arbustos recomendados para cortinas rompevientos en climas templados y tropicales. ....	51
Cuadro 16. Programa de trabajo.....	58
Cuadro 17. Costo de materiales. ....	58
Cuadro 18. Costo de herramientas. ....	59
Cuadro 19. Costo de personal. ....	59
Cuadro 20. Costo total de un muro de 4.00 m de altura, y de 10.00 m de longitud.	60
Cuadro 21. Costo de la construcción de muro de contención por municipio. ....	60
Cuadro 22. Costo de herramientas. ....	61
Cuadro 23. Costo de material para trazado. ....	64
Cuadro 24. Costo total de la barrera rompevientos propuesta. ....	65
Cuadro 25. Costo total de medidas de protección propuestas. ....	66
Cuadro 26. Relación beneficio-costos del proyecto en un año.....	67
Cuadro 27. Relación beneficio-costos del proyecto en los próximos 30 años.....	67

### **Lista de figuras**

Figura 1. Ubicación de la subcuenca de Manialtepec, Oaxaca. ....	25
Figura 2. Muro de mampostería de piedra braza con drenes y dentellón, para sitios con riesgo de deslizamiento.....	39
Figura 3. Muro de mampostería con anclaje en suelos de material tipo III y pendientes mayores de 5%. ....	40
Figura 4. Modelo de muro de contención de 1m de longitud. ....	42
Figura 5. Componentes de un muro de mampostería con dentellón. ....	45
Figura 6. Formación correcta y zona de protección de una cortina rompevientos. ....	49
Figura 7. Distribución de las hileras para formar la barrera rompevientos. ....	52

## **RESUMEN**

México es un país propenso a recibir el embate frecuente de diversos tipos de fenómenos naturales como los huracanes, los efectos de estos eventos se incrementan debido a la vulnerabilidad que afecta a la sociedad y a la economía, que se deriva de un conjunto de factores como: la insuficiencia de medidas preventivas y de mitigación al nivel de las regiones o zonas vulnerables, la falta de medidas que induzcan a una localización más segura de los asentamientos humanos, el manejo insuficiente de las cuencas hidrográficas y la operación de los sistemas de alerta temprana.

Por lo anterior, en esta investigación se realizó una valoración económica, mediante la relación beneficio-costos, de las obras de prevención de inundaciones propuestas para la subcuenca de Manialtepec, Oaxaca. Los beneficios económicos, que en este caso son los daños evitados, se estimaron obteniendo el costo total de daños ocasionados por huracanes en 2014; mientras que los costos se estimaron cuantificando el monto total de las obras de prevención propuestas.

La relación beneficio-costos para este proyecto fue de 2.3, tomando en cuenta un periodo de 30 años de vida útil de la obra, los beneficios estimados fueron \$137,431,032.00 y los costos de \$59,849,325.00. Por lo tanto, de acuerdo con las estimaciones económicas realizadas, se concluye que conviene la realización de las obras propuestas para la prevención de daños causados por huracanes.

**Palabras clave: Inundaciones, obras de prevención, relación beneficio-costos.**

## **ABSTRACT**

Mexico is a country prone to receive the frequent clash of various types of natural disturbances such as hurricanes. The effects of these events are increased due to the vulnerability that affects society and the economy. Such vulnerability is derived from a set of factors such as: The lack of preventive and mitigation measures at the level of vulnerable regions or zones, the lack of measures leading to a safer location of human settlements, inadequate watershed management and the operation of early warning systems.

Due to the above, in this investigation an economic assessment was made, through the benefit-cost ratio of the proposed flood prevention works for the Manialtepec sub-basin, Oaxaca. The economic benefits, which in this case are the avoided damages, were estimated obtaining the total cost of damages caused by hurricanes in 2014; while the costs were estimated by quantifying the total amount of proposed prevention works.

The benefit-cost ratio for this project was 2.3; taking into account a period of 30 years of useful life, estimated benefits were \$ 137,431,032.00 and costs of \$ 59,849,325.00. Therefore, according to the economic estimates made, it is concluded that the proposed works for the prevention of damage caused by hurricanes should be carried out.

**Keywords: Floods, prevention works, benefit-cost ratio.**

## I Introducción

México es un país propenso a recibir el embate frecuente de diversos tipos de fenómenos naturales de efectos desastrosos. Por su ubicación geográfica, características climáticas, topográficas, orográficas e hidrológicas, el país está expuesto a una diversidad de peligros. La especial incidencia de los desastres en México se refleja en el hecho de que en este país los daños aparejados por los desastres naturales representan una cuota proporcionalmente mayor que los ocurridos en América Latina y el Caribe durante los últimos 20 años (Bitrán, 2001).

Los devastadores efectos de estos eventos, se magnifican por una elevada vulnerabilidad que afecta a la sociedad y a la economía y que se deriva de un conjunto de factores. Entre otros, la insuficiencia de medidas preventivas y de mitigación al nivel de las regiones o zonas vulnerables, la falta de medidas que induzcan a una localización más segura de los asentamientos humanos, el manejo insuficiente de las cuencas hidrográficas y la operación de los sistemas de alerta temprana (Bitrán, 2001).

Por otra parte, el cambio climático a nivel mundial plantea nuevos retos en la planeación de los recursos hidráulicos y la gestión de riesgos de afectación social. Eventos como las inundaciones causan afectaciones directas e indirectas sobre la población; y por tanto, incentivan a nuevas propuestas para la administración de la infraestructura existente y/o futura designada para el control y aprovechamiento del recurso hídrico (Minville, Brissette, Asce, & Leconte, 2010)

Los eventos de inundaciones tienen presencia a nivel mundial y generalmente tienen una mayor concentración en zonas costeras y cercanas a las riveras (Field, Barros, Stocker, & Dale, 2012), la temporada de lluvias y en especial el fenómeno de “La Niña” imponen escenarios de aportes hídricos altos, que facilitan la ocurrencia de inundaciones y sus consecuencias en la población, infraestructura y economía de la zona afectada (Bedoya & López-Lezama, 2015).

Los asentamientos humanos ubicados en zonas de riesgo se ven dañados año con año por los efectos negativos que deja la temporada de lluvias y de huracanes, debido a esta razón, dichos asentamientos deberían contar con medidas de prevención y control, contra la amenaza torrencial, lamentablemente pocos lugares cuentan con obras de prevención efectivas, las únicas acciones preventivas que se consideran en caso de siniestros es la evacuación de dichas zonas urbanas; pero no se ha considerado implementar medidas u obras de control para salvaguardar los bienes inmuebles y los cultivos de la población afectada, siendo éstos el patrimonio y la principal fuente de ingresos de los habitantes.

Debido a lo anterior, en este trabajo se realizó una revisión de las medidas de control y estrategias de prevención utilizadas en la subcuenca de Manialtepec, Oaxaca, zona que sufre inundaciones de diferente magnitud, aunque cada evento tiene sus particularidades, todos han repercutido directamente en el desarrollo económico de la subcuenca y el desarrollo social, con la finalidad de proponer las estrategias de prevención comúnmente utilizadas en otros estados para protegerse contra eventos futuros.

## **1.1 Objetivos**

### General

Realizar una valoración beneficio-costos, de las obras de prevención de inundaciones en la subcuenca de Manialtepec, Oaxaca.

### Particulares

1. Estimar beneficios económicos y costos de obras de prevención en el área de estudio, mediante evaluación económica para analizar su rentabilidad.
2. Estimar costos de daños por inundaciones en la zona de estudio.

## **1.2 Hipótesis**

Los costos necesarios para construir las obras de prevención de daños en la subcuenca de Manialtepec, Oaxaca, son menores que los costos de los daños evitados por dichas obras.

## II Antecedentes

Los fenómenos hidrometeorológicos se caracterizan por su frecuencia y carácter recurrente, por lo que cada año en época de huracanes, las zonas costeras son blanco de la presencia de huracanes, los cuales dejan a su paso grandes afectaciones en la zona donde tocan directamente y aledañas a éste. En las últimas cinco décadas, los eventos de inundaciones han sido responsables de más de la mitad del costo total de los desastres naturales en el mundo (Bedoya & López-Lezama, 2015).

### 2.1 Nivel Nacional

El Centro Nacional de Prevención de Desastres de la Secretaría de Gobernación (CENAPRED) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) realizaron una evaluación de los desastres en México en el año 2005, para evaluar el impacto socioeconómico de las tormentas tropicales “Stan” y “Wilma” en los estados de Puebla, Hidalgo, Oaxaca, Veracruz, Chiapas, Quintana Roo y Yucatán.

De acuerdo con datos de CENAPRED y CEPAL (2005) el huracán “*Wilma*” azotó los estados de Quintana Roo y Yucatán entre el 21 y 24 de octubre de 2005 causando daños por 28.5 millones de pesos, concentrándose en infraestructura turística con las consecuentes pérdidas de ingresos en esa actividad en uno de los polos de atracción turística mayor del país. Al sumarse a ellos los efectos ocasionados por los otros dos huracanes ocurridos durante el mismo año de 2005 en conjunto los tres huracanes (“*Emily*”, “*Stan*” y “*Wilma*”), han causado daños al país por más de 95,000 millones de pesos, a precio de 2005.

En los impactos derivados de eventos climatológicos las mayores concentraciones de pérdidas se estimaron en el sector productivo, tanto en América del Sur, por el Fenómeno de La Niña, 75 %, como en el Caribe y México, por las tormentas y huracanes, donde registraron 64,8% y 68,9%, respectivamente como se aprecia a continuación (Bello, Ortiz, & Samaniego, 2014) (Cuadro 1):

**Cuadro 1.** Distribución porcentual de las estimaciones de pérdidas según sectores económicos por tipo de evento y sub regiones (en porcentaje del total de pérdidas).

Tipo de desastre/región/país	Productivos	Sociales	Infraestructura	Total
Todos los desastres	71,2	12,8	16	100
Desastres climatológicos	74,0	6,3	19,8	100
Huracanes y tormentas-Centroamérica	64,8	13,3	21,9	100
Huracanes y tormentas-Caribe	83,2	7,6	9,2	100
Huracanes y tormentas-México	68,9	2,4	28,7	100
Fenómeno del Niño-Centroamérica	65,3	12,9	21,8	100
Fenómeno de La Niña-América del Sur	75	7,3	17,6	100

Fuente: Bello, Ortiz, & Samaniego (2014).

Sobre esto, Bello concluyó que, los daños ocasionados en general por los desastres climatológicos se concentran en el sector productivo, 52,1 %, infraestructura, 27,5%, y sector social, 20,4%. Dentro del total de daños ocurridos en el sector productivo, éstos se centraron en el subsector agropecuario y forestal, 80%, seguido por comercio y servicios con 10,3% e industria con 9,3%. En infraestructura los daños se focalizaron en el sub sector transporte, que acumuló 84% del total de destrucción de acervo en este sector. Por último, vivienda fue el sub sector donde se reportó la mayor proporción de daños, 72,6%, de los ocurridos.

La evaluación del impacto socioeconómico de las inundaciones en el estado de Tabasco de septiembre a noviembre de 2011 realizadas por (CEPAL, 2005), mediante entrevistas y reuniones con los representantes de las dependencias de gobierno, reportó que, aunque no se reportaron pérdidas de vidas, los daños económicos en el estado alcanzaron los 67 millones de pesos, afectando principalmente el sector productivo, seguido de infraestructura, sectores sociales y medio ambiente. Se menciona que las inundaciones registradas en la ciudad de Villahermosa, mostraron su alta vulnerabilidad, por lo que durante el siguiente año se inició la construcción de muros perimetrales para toda la ciudad, así como la culminación del estudio de factibilidad técnica para la protección contra inundaciones

de la cuenca baja del Río Grijalva que más tarde evolucionaría en el Programa Integral de Control de Inundaciones (PICI).

Arreguín-Cortés, Domínguez-Mora, & Luna-Cruz, (2014), realizaron un análisis de las inundaciones en la planicie tabasqueña, en donde analiza los factores que influyen en las inundaciones, dichos factores son la falta de ordenamiento territorial y la deforestación en las partes altas, por lo cual los autores presentaron las acciones que se han implementado para reducir los riesgos de inundación, tales como el Programa Integral de Control de Inundaciones y el Programa Hídrico Integral de Tabasco, en donde las obras estructurales principales para prevenir las inundaciones son los bordos longitudinales en la zona conurbana de la ciudad de Villahermosa, con la finalidad de disminuir los daños ocasionados en la región por inundaciones.

Por otra parte, Bedoya & López-Lezama, (2015), analizan los eventos de inundaciones generados por el fenómeno de “La niña”, en estaciones hidroeléctricas, donde proponen un modelo estocástico para un sistema energético de una planta hidroeléctrica, con el fin de utilizar su embalse como elemento primario para el control de inundaciones durante la temporada de lluvias y en especial el fenómeno de la Niña.

## **2.2 Nivel Regional**

Se presentan los eventos más relevantes históricamente en la subcuenca de Manialtepec.

### **Huracán *Paulina* en octubre de 1997**

El huracán Paulina se presentó en el Pacífico Oriental el 6 de octubre de 1997, intensificándose hasta el número cuatro de la escala *Saffir-Simpson*, con vientos de entre 210 y 249 kilómetros por hora y mareas de tempestad de entre 4.5 y 5 metros por encima de lo normal, calificándose como extremadamente peligroso (Vargas, 1997). Dejó 121 muertos a su paso en Oaxaca y Guerrero (Cuadro 2). Miles de familias perdieron sus casas por los derrumbes. Otras muchas perdieron todas sus

pertenencias, cuando penetraron en sus viviendas corrientes de agua, así como avalanchas de lodo y arena (Gutiérrez & García, 1977).

Los vientos con rachas de hasta 259 kilómetros por hora prácticamente arrancaron todo lo que encontraron a su paso en la zona costera de Oaxaca, dejando un saldo de 40 personas muertas, afectación general de las poblaciones de esa zona, 15 torres eléctricas derribadas, 12 puentes dañados, desbordamiento del río Los Perros, inundaciones de diversa magnitud en 50 municipios, la presa Benito Juárez rebasada en su capacidad, un número significativo de viviendas afectadas total o parcialmente, obstrucción de caminos y carreteras dentro de las que sobresalen las de Huatulco y Puerto Escondido, y la interrupción de los servicios de energía eléctrica, agua potable y telefonía en algunas zonas (Vargas, 1997).

La Secretaría de Agricultura contabilizó unas 30,000 hectáreas en Oaxaca en 1997 con pérdida total de cultivos, sobre todo café, maíz, ajonjolí y plátano, además, otras 100,000 has con diversos grados de afectación. Sin embargo, en fueron tres los problemas centrales: agua potable, que se terminó totalmente en esta ciudad por la ruptura de tuberías; el azolve de depósitos y pozos y la ruptura de las bombas eléctricas; viviendas, cientos de ellas quedaron total o parcialmente inundadas o destruidas y caminos (Vargas, 1997).

**Cuadro 2.** Evaluación de daños por huracán Paulina en municipios de Oaxaca, México.

Daño	Cantidad
Decesos humanos	121 decesos
Servicios dañados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15 torres eléctricas</li> <li>• 12 puentes dañados</li> <li>• Obstrucción de caminos y carreteras</li> <li>• Inundaciones graves en 50 municipios</li> <li>• Interrupción de servicio de energía eléctrica.</li> <li>• Suspensión de agua potable</li> <li>• Suspensión de telefonía.</li> </ul>
Cultivos dañados	<p>30,000 ha de cultivo con pérdida total (maíz, café, plátano, ajonjolí, etc).</p> <p>100, 000 con diversos grados de afectación parcial.</p>

Fuente: Elaborado con datos de Vargas (1997).

### **Huracán Carlotta en junio del 2012**

Según (Vélez, 2012), el huracán *Carlota* se presentó el 15 de junio de 2012, en la costa del Pacífico mexicano. Con categoría uno en la escala *Saffir-Simpson* y vientos de 150 kilómetros por hora, se ubicó en los litorales de Oaxaca la noche del viernes 15 de junio del 2012. En el reporte de las 22 horas del viernes 15 de junio del 2012, el Sistema Meteorológico Nacional informó que la muralla del huracán impactó en las inmediaciones de Puerto Escondido en categoría uno, ocasionando lluvias torrenciales (Vélez, 2012). Según (Pérez & Vélez, 2012), se presentaron afectaciones en viviendas, carreteras y redes telefónicas y eléctricas debido al paso del huracán Carlota por Santa María Huatulco, Puerto Ángel, Puerto Escondido, Zipolite, Mazunte y otras poblaciones del litoral oaxaqueño, de acuerdo con información proporcionada por el director en turno del Instituto Estatal de Protección Civil, Manuel Maza Sánchez.

El gobernador de Oaxaca, Gabino Cué Monteagudo (2012), informó que su administración solicitó a la Secretaría de Gobernación declarar emergencia en 100 municipios afectados por el huracán *Carlota*. Durante una reunión de evaluación de daños en la capital de Oaxaca, Cué expuso que eran prioritarios el abasto de

alimentos y agua para los damnificados, así como quitar escombros y árboles caídos y limpiar. Según (Pérez R. , 2012) el meteoro dejó estragos en unos 30 municipios de la región.

Según (Román, 2012), en Puerto escondido se llevó a cabo una reunión de evaluación de los daños que dejó el huracán *Carlota* en la costa y la sierra sur del Estado, el presidente Felipe Calderón (2012) anunció que se liberaron 20, 000,000 de pesos del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) a fin de atender la emergencia ocasionada por el huracán Carlota. En todas las demarcaciones afectadas se aplicó el Plan de Auxilio a la Población Civil en Casos de Desastre (DN-III-E). La SEDENA estableció este Plan de Auxilio a la Población Civil en Casos de Desastres, el cual es un instrumento operativo militar que establece los lineamientos generales a los organismos del Ejército y Fuerza Aérea Mexicanos, para realizar actividades de auxilio a la población civil afectada por cualquier tipo de desastre.

En total, Carlota dejó 156,000 damnificados en Oaxaca y Guerrero. En la reunión de evaluación, el gobernador Gabino Cué (2012) detalló que unas 12,500 viviendas resultaron afectadas y las principales carreteras del estado, entre ellas Pinotepa-Salina Cruz, Oaxaca-Pochutla y Oaxaca-Puerto Escondido, tuvieron cortes de circulación debido a deslaves, pero ya son totalmente transitables (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Evaluación de daños por huracán Carlotta en municipios de Oaxaca, México.

Daño	Cantidad
Servicios dañados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 110 000 damnificados</li> <li>• 12,500 viviendas afectadas</li> <li>• Afectaciones en carreteras</li> <li>• Afectaciones en redes telefónicas y eléctricas</li> <li>• 300 negocios dañados</li> <li>• 100 municipios afectados</li> </ul>
Apoyos económicos	20,000 000 por parte de FONDEN

Fuente: Elaborado con datos de (Román, 2012).

## **Huracán *Ingrid* y *Manuel* en septiembre del 2013**

En el año 2013, debido a la presencia de los huracanes *Ingrid* y *Manuel*, según Diario Oficial de la Federación (DOF, 2013), se declaró zona de desastre natural por la ocurrencia de lluvias severas del 13 al 17 de septiembre de 2013, en 47 municipios del Estado de Oaxaca, que traen consigo fuertes lluvias mismas que causaron inundaciones, daños en zonas urbanas, rurales y congregaciones, en viviendas, caminos, caminos cosecheros, carreteras, puentes y líneas eléctricas, afectando también a los sectores agrícolas, ganaderos y pesqueros en diferentes poblaciones, en los municipios de Santos Reyes Nopala, Santos Reyes Tepejillo, Silacayoápam, Tataltepec de Valdés, Unión Hidalgo, Villa de Tututepec de Melchor Ocampo, Villa Sola de Vega, San Gabriel Mixtepec, San Juan Lachao, San Miguel del Puerto, San Miguel Panixtlahuaca, San Pedro el Alto, Santa Catarina Juquila, Santa María Huatulco y Tataltepec de Valdés por mencionar solo algunos municipios del Estado de Oaxaca, donde se contabilizaron al menos 10,000 afectados con pérdidas parciales y totales de viviendas, cultivos y bienes muebles (Flores, 2013).

Según Montalvo, (2013), en los últimos cincuenta años, México no había sido afectado por fenómenos meteorológicos que se presentaran al mismo tiempo en océanos diferentes, como ocurrió con “*Ingrid*” en el Golfo de México y “*Manuel*” en el Pacífico. Según el Corporativo de Medios de Comunicación (CMC, 2013), se entregaron \$986,980.00 pesos, por concepto de retiro de escombros y limpieza de viviendas, al municipio de Villa de Tututepec de Melchor Ocampo; con la finalidad de reactivar la actividad económica de los municipios afectados por “*Ingrid*” y “*Manuel*”, beneficiando a 809 familias de 16 localidades de este municipio.

La SEDESOL, (2016) censó en Oaxaca, un total de 5,005 viviendas en 53 municipios de las regiones de la Costa, Istmo, Mixteca y Sierra Sur, que resultaron afectadas por las lluvias, por lo que destinó un total de \$6, 106,100.00 del Programa de Empleo Temporal Inmediato, por concepto de retiro de escombros y limpieza de las viviendas dañadas en la entidad (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Evaluación de daños por huracanes Ingrid y Ernesto en Oaxaca.

Daño	Cantidad
Decesos humanos	3 decesos
Servicios dañados	<ul style="list-style-type: none"><li>• 10 000 damnificados</li><li>• 12,500 viviendas afectadas</li><li>• Afectaciones en carreteras</li><li>• Afectaciones en redes telefónicas y eléctricas</li><li>• 300 negocios dañados</li><li>• 100 municipios afectados</li></ul>
Apoyos económicos	986,980 por parte de FONDEN 6, 106, 100 por parte de SEDESOL

Fuente: Elaboración propia con datos de (SEDESOL, 2016).

### **III Materiales y métodos**

Para cumplir con los objetivos de esta investigación, el trabajo de obtención de información se dividió en tres fases, y son las siguientes:

#### **a) Primera fase de gabinete**

Consistió en recabar información del periodo 2014 referente a:

Daños materiales causados por huracanes en la República Mexicana, así como a nivel estatal y regional. Se elaboró el guion para realizar las entrevistas y encuestas en campo. Se delimitaron los mapas cartográficos de la subcuenca, como son: delimitación del área de estudio, tipos de vegetación, red hidrográfica y uso de suelo, para caracterizar el área de estudio.

#### **b) Fase de campo**

Se realizaron dos visitas al área de estudio, la primera se realizó en el mes de abril de 2015, en la cual se realizaron entrevistas a los presidentes municipales y directores de protección civil, los presidentes de los comisariados ejidales, a los productores y a las autoridades de SAGARPA, en las oficinas del CADER del municipio de Santos Reyes Nopala.

Se entrevistaron a los presidentes municipales de San Juan Lachao y Santos Reyes Nopala, los directores respectivos de protección civil, el presidente de comisariado ejidal de San Juan Lachao, y se obtuvieron 30 entrevistas con productores en campo y a los habitantes afectados por el siniestro, para tener información de referencia.

En la segunda fase de campo, que se realizó en el mes de diciembre de 2015, se hicieron recorridos por la subcuenca, con el objetivo de: 1) localizar las obras de prevención que se han implementado anteriormente; 2) localizar las áreas que fueron afectadas por huracanes en años anteriores; 3) identificar los sitios de mayor riesgo

para proponer la realización de las medidas de prevención; 4) obtener la extensión y medidas necesarias para cada obra propuesta.

### **c) Segunda fase de gabinete**

Ésta consistió en el análisis de la información de campo, discusión de resultados y elaboración de la propuesta final.

La valoración económica de la prevención de los desastres naturales causados por huracanes en la subcuenca bajo estudio, se realizó con el indicador financiero R B/C (Relación Beneficio/Costo).

Los beneficios se calcularon mediante la sumatoria de los daños evitados, expresados en términos monetarios, estimando los costos por pérdida total de la agricultura, cafecultura, ganadería y vivienda en el área de estudio, derivada de daños por inundaciones.

La estimación de los costos se refiere al costo total de inversión en las obras propuestas para prevenir afectaciones por inundaciones, incluyendo costos de material, mano de obra, herramientas y mantenimiento.

### **3.1 Método de evaluación económica Relación Beneficio/Costo**

La relación Beneficio-Costo, que considera que un proyecto o alternativa es rentable si los beneficios superan a los costos, fue calculada obteniendo el monto de los daños en unidades monetarias.

El método Beneficio-Costo, consiste en dividir todos los costos a valor presente del proyecto sobre todos los beneficios económicos a valor presente que se van a obtener, a una tasa de actualización igual a la tasa de rendimiento mínima aceptable (Baca, 2013).

$$R B/C = \frac{\sum_{j=0}^n \frac{B_j}{(1+i)^j}}{\sum_{j=0}^n \frac{C_j}{(1+i)^j}}$$

Donde:

$B_j$ = Beneficio o ingreso del año 0,1,2,3...

$C_j$ =Costos o egresos del año 0,1,2,3...

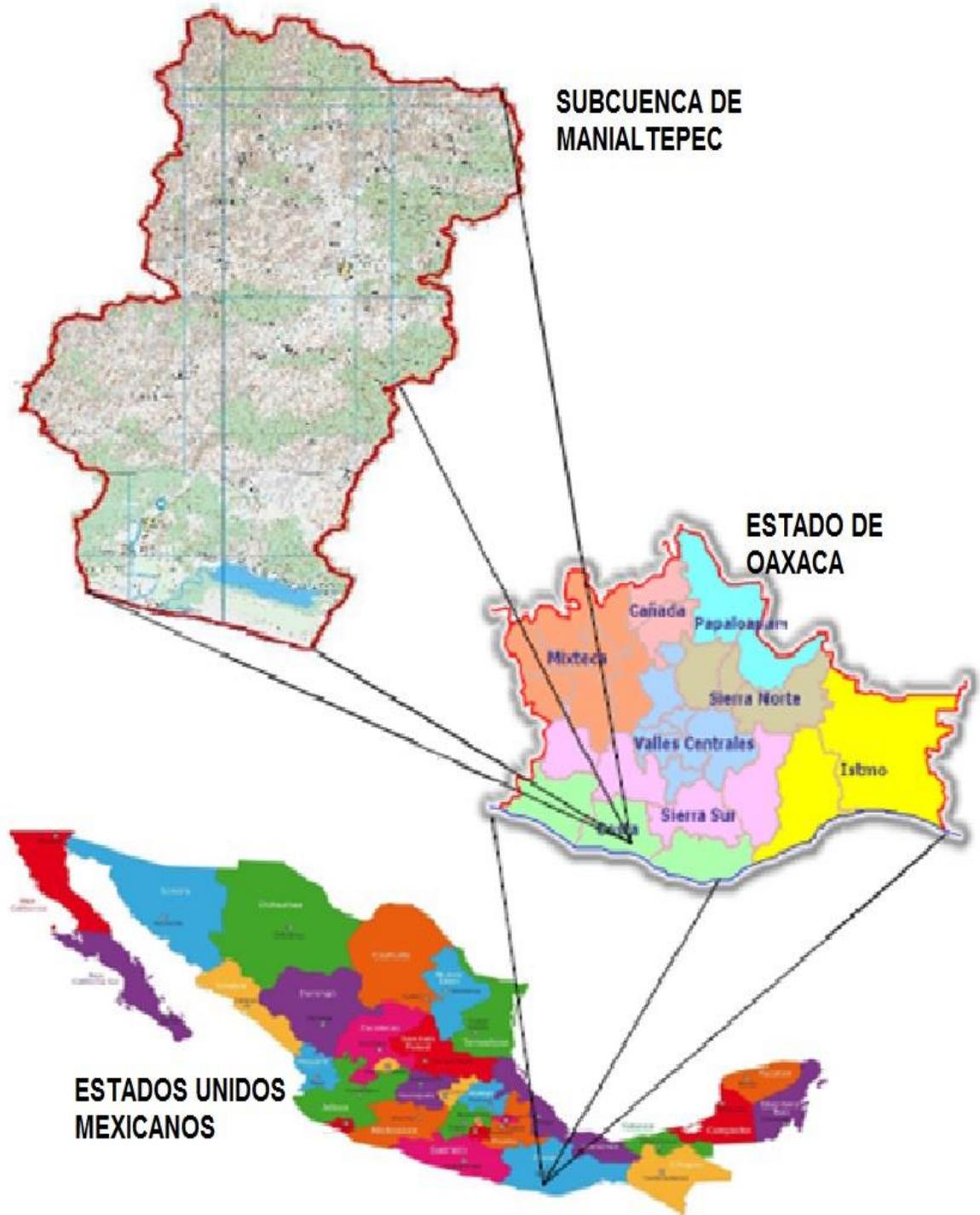
$i$ =Tasa de rendimiento mínima aceptable

$j$ = Año

De acuerdo al criterio de decisión, una inversión es aceptable si el valor de la relación beneficio-costos es mayor a 1, esto indica que la inversión es económicamente rentable, ya que se recuperan los costos invertidos. Este método es una alternativa usada principalmente en proyectos gubernamentales para aceptar un proyecto de inversión, ya que debido a que no eran actividades lucrativas, necesariamente debían recuperar los costos incurridos (Baca, 2013).

### 3.2 Descripción del área de estudio

El área de estudio es la subcuenca de Manialtepec, que se localiza en la parte suroeste del estado de Oaxaca, en la región de la costa, a una altura de 460 metros sobre el nivel del mar. Colinda al norte con Santa Catarina, Juquila, al sur con el océano pacífico, al oriente con Santa Catarina, Juquila y San Martín Caballero y al poniente con Bajos de Chila, San Pedro Mixtepec y San Gabriel Mixtepec y comprende un área de 55,241.41 ha (Figura 1).



**Figura 1.** Ubicación de la subcuenca de Manialtepec, Oaxaca.  
Fuente: Elaboración propia.

### **3.2.1 Clima**

Según la clasificación de García, (1981), el clima que predomina es del tipo Aw1, el cual es cálido subhúmedo con lluvias en verano, por lo menos diez veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo de la mitad caliente del año que el más seco. La temperatura media anual de 22 a 26°C, cuya máxima se presenta al final de la primavera y principios del verano, alcanzando 35°C. La precipitación va de 2,000 a 4,000 mililitros anuales.

También podemos encontrar en la parte alta el clima semicálido (A) C (w2) con lluvias en verano, el cual presenta una temperatura media sobre los 18°C. Finalmente en la parte baja encontramos climas secos con régimen de lluvias en verano, BS1 que es el menos seco de los semicalidos, presenta una temperatura entre 18 y 22°C.

La temperatura media anual es de 19°C, los meses más fríos empiezan de noviembre a febrero y los meses más calurosos se presentan de marzo a octubre. En la temporada de lluvias empieza junio y termina en octubre, el mes más lluvioso es septiembre con 21 días consecutivos de lluvia.

### **3.2.2 Orografía**

La subcuenca abarca una parte del gran macizo que se conoce con el nombre de la Provincia de la Sierra Madre del Sur Oaxaca y en donde predominan las cimas y fuertes pendientes. También se encuentra situado en un pequeño valle, en las faldas del cerro del Atole, en el que sobresale una pequeña loma que representa al centro del pueblo, está rodeado de montañas: al norte el cerro de la Iglesia, al este el cerro del Pajarito, al sureste el cerro Travieso y al oeste el cerro del Atole. Los terrenos de la subcuenca están conformados por rocas ígneas extrusivas y sedimentarias (INEGI, 2016).

### **3.2.3 Suelos**

Regosol eutrico y se caracteriza por presentar una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y nutrientes. Luvisol vertico y plintico, Cambisol, Leptosol, Fluvisol y Phaeozem (INEGI, 2016), ver anexo 1.

### **3.2.4 Hidrografía**

La subcuenca forma parte de la región hidrológica 21, denominada Costa de Oaxaca, dentro de la cual se ubica en la cuenca "C" denominada "Río Colotepec y Otros". Los ríos principales se encuentran en el municipio de Santos Reyes Nopala el cual es regado por las afluentes de los siguientes ríos: río Maíz, que nace al norte, en las montañas que se localizan entre san Juan Lachao y Temaxcaltepec; el otro río se llama de la neblina y nace al oeste del pueblo y une sus aguas con las del río del maíz en el Llano de San Miguel al sur de la comunidad, para depositarlas más adelante en el océano Pacífico, pasando antes por Tiltepec, Cuixtla y Manialtepec; estos ríos son de gran importancia dentro de la alimentación de los habitantes porque de ellos se obtienen camarones, pega piedras, chogos (peces pequeños), para complementar su dieta diaria y también para dedicarlos al comercio ya que son muy apreciados en la región y llegan a cotizarse los primeros a muy alto precio (INEGI, 2016), ver anexo 2.

### **3.2.5 Tipos de vegetación**

De acuerdo con Rzedowski (1988), la vegetación dentro de la cuenca está conformada por bosques templados como son bosques de encino y bosque de pino, así como bosque mesófilo de montaña en la parte alta, la parte media se conforma

por selva media subperennifolia y en la parte baja se encuentra selva baja subperennifolia y algunos recintos de manglares.

Especies que se reportan para bosque mesófilo son: *Pinus oocarpa*, *P. maximinoi*, *P. montezumae*, *P. pseudostrobus*, *P. teocote*, *P. chiapensis*, *P. oaxacana*, *P. Leiophylla*, *P. michoacana*, *Quercus laurina*, *Q. magnoliifolia*, *Q. crassifolia*, *Q. rugosa*, *Alnus jorullensis*, *Arbutus xalapensis*, *Salix paradoxa*, *Chiranthodendron pentadactylon*, y *Cleyera theoides*, entre otras. En áreas perturbadas es frecuente encontrar población abundante de chaquira (*Ceanothus coeruleus*), la cual es indicadora del fuerte desequilibrio ecológico.

Especies que se reportan para selva media subperennifolia: *Astronium graveolens*, *parota* (*Enterolobium cyclocarpum*), *Calycophyllum candidissimum*, *Ocotea* sp., *Cupania glabra*, *Pithecellobium* sp., *Luehea speciosa*, *Heliocarpus* sp., *Diphysa robinoides*, *Coccoloba barbadensis*, *ceiba* (*C. pentandra*), *tololote* (*Andira inermis*), *Pterocarpus* sp., *Apoplanesia paniculata*, *Belotia insignis*, *Plumeria rubra*, *Gliricidia sepium*, *Nectandra*, *Calophyllum brasiliense*, *Poulsenia armata*, *Sweetia* aff. *panamensis*, *Chrysophyllum mexicanum*, *Pimienta dioica*, *Mirandaceltis monoica*.

Especies que se reportan para selva media subcaducifolia: *Hymenaea coubaril* (*guapinol*); *Hura polyandra* (*habillo*); *Enterolobium cyclocarpum*, *Cedrela mexicana*, *Licania arborea*, *Lysiloma* spp. (*tepehuajes*). Otras especies que se reportan en la región para este tipo de vegetación son: *Bursera simaruba*, *Lysiloma acapulcensis*, *Ceiba pentandra*, *Trichilia havanensis*, *Brosimum alicastrum*, *Mirandaceltis monoica*, *Pileus mexicanus*, *Parmentiera edulis* y., *Swietenia humilis*, *Tabebuia rosea*, *Vitex mollis*, *Acacia cornigera* y *Acacia cochliacantha*, *Heliocarpus* sp. *Diphysa robinoides*, *Astronium graveolens*, *Coccoloba barbadensis*, *Cupania glabra*, *Andira inermis*, *Pterocarpus* sp., *Calycophyllum candidissimum*, *Apoplanesia paniculata*, *Belotia insignis*, *Plumeria rubra*, *Cordia alliodora*, *Gliricidia sepium*, *Cryosophyla argentea*, *Forchhammeria pallida*, *Luehea speciosa*, *Poulsenia armata*, *Celtis* sp., *Pediatus* sp.

Especies que se reportan para bosque de galería: *Taxodium macronatum*, *Salix* sp., *Ficus* sp., *Alnus acuminata*, y *Fraxinus udhei*.

Especies que se reportan para vegetación secundaria: *Acacia farnesiana*, *Acacia* sp., *Gliricidia sepium*, *Bursera simaruba*, *Guazuma ulmifolia*, *Bahaina latifolia*, *Poeppigia procera* y *Cecropia obtusifolia*.

También son comunes los pastizales, los que se aprovechan como tierras de agostadero. Algunas especies son *Paspalum*, *Chloris*, *Setaria*, *Cynodon*. Algunas especies con las que se reforesta son *Pinus chiapensis*, se introdujo cedro rojo en la reforestación de 2010 en San Juan Lachao.

### 3.2.6 Fauna

De acuerdo con INAFED (2016), las principales especies de fauna presentes en la subcuenca de Manialtepec son los siguientes:

*Canis latrans* (coyote), *Lepus californicus* (liebre), *Colinus virginianus* (codorniz), *Caragyps atractus* (zopilote), *Microruss* sp. (víbora de coralillo), *Nasua narica* (tejón), *Nestoma* sp. (rata de campo), *Odocoileus virginianus* (Venado cola blanca), *Carpondacus mexicanus* (gorrión), *Cotralus* sp. (víbora de cascabel), *Ortalis vetula* (chachalaca), *Otenosaura* sp. (iguana), *Phrynobolia* sp. (camaleón), *Dasyurus novemcinctus* (armadillo), *Procyon loton* (mapache), *Desmodus* sp. (murciélago), *Coragyps atractus* (urraca), *Didelphis marsupialis* (tlacuache), *Sciurus* sp. (ardilla), *Falco sparverius* (gavilancillo), *Silvilagus floridanus* (conejo), *Mephitis macroura* (zorrillo) y *Tyto alba* (lechuza).

## **IV Resultados y discusión**

Este apartado presenta todos los resultados obtenidos en las tres etapas de la investigación, además se describen las propuestas para prevención de inundaciones en la cuenca.

### **4.1 Impacto de los huracanes en la subcuenca de Manialtepec**

Los tipos de riesgos más frecuentes con la presencia de huracanes y lluvias intensas son los siguientes:

Inundaciones y encharcamientos en las zonas urbanas y agrícolas, daños a viviendas en infraestructura pública, derrumbe de puentes, accidentes en carreteras, ocurrencia de personas extraviadas, interrupción del servicio de energía eléctrica, interrupción del servicio de agua potable, azolvamiento del alcantarillado sanitario y pluvial, caída de árboles y anuncios espectaculares, contaminación de fuentes de abastecimiento de agua, interrupción de vías de comunicación y sistemas vitales, desgajamiento de cerros, interrupción del abasto de alimentos, interrupción del abasto de combustibles, accidentes y pérdida de vidas humanas, daños en la vegetación, daños a la agricultura y ganadería.

De acuerdo con el recorrido realizado en campo, los problemas que se presentaron en el área de estudio por la presencia de huracanes en el periodo 2013-2014, son los siguientes:

Inundaciones en las zonas urbanas, pérdida de cosechas en predios agrícolas, pérdida de cabezas de ganado e infraestructura, daños a la infraestructura pública, daños a viviendas, derribo de puentes, derribo de vegetación y obstrucción de las vías de comunicación.

## 4.2 Cuantificación de los daños causados por inundaciones en 2014

Debido a que no existe información estadística oficial del costo de los daños causados por huracanes de los municipios que integran la subcuenca, los costos se estimaron de acuerdo a la información que se proporcionó por comunicación personal mediante encuestas y entrevistas con productores, población afectada, representantes de comisariados ejidales, encargados de dependencias de gobierno y presidentes municipales que integran la subcuenca de Manialtepec.

Los municipios más afectados en la subcuenca son los que se encuentran a orilla del río principal, por lo tanto, el análisis solo contempla las cabeceras municipales de San Juan Lachao, Santos Reyes Nopala y San José Manialtepec.

Analizando la información obtenida en campo se obtuvieron los siguientes datos.

Los sectores más afectados por las inundaciones son la agricultura, la cafecultura, la ganadería y la infraestructura habitacional, por lo que la estimación de los daños se concentra en dichos aspectos.

### a) Agricultura

De acuerdo con información obtenida del representante de SAGARPA, en el municipio de Santos Reyes Nopala, SAGARPA otorga un apoyo económico solo a los agricultores que debido a un siniestro tengan pérdida total de su cultivo, el cuál es de \$1,300.00 pesos por ha de maíz y \$2,400 por ha de frutales, sin embargo, de acuerdo a la información de los productores, la mayoría de ellos tuvieron pérdidas del 50 al 80% de sus cultivos, por lo que se estimó que un promedio del 65%, no recibieron ningún apoyo por la pérdida de sus cosechas. Recabando los datos de campo en 2015 y datos de la Secretaría de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2016), en el Cuadro 5 y 6 se tienen los siguientes costos, considerando el costo promedio por producto con base en el Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM, 2016):

**Cuadro 5.** Costo por daños en cultivos de maíz de la subcuenca de Manialtepec.

Municipio	Maíz de grano (superficie ha)		Rendimiento promedio (ton/ha)	Costo unitario (\$/kg)	Costo total (\$)
	Sembrada *	Siniestrada **			
San Juan Lachao Nuevo	25	16.25	1.8	6	175,500.00
Santos Reyes Nopala	100	65	1.8	6	702,000.00
San José Manialtepec	24	15.6	1.8	6	168,480.00
Total	149	96.85			1,045,980.00

\*Datos obtenidos por SIAP, (2016).

\*\*Datos obtenidos por comunicación personal durante trabajo de campo 2015, considerando un 65 % de superficie siniestrada.

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP (2016), SNIIM (2016) y trabajo de campo (2015).

**Cuadro 6.** Costo por daños en cultivos de frijol de la subcuenca de Manialtepec.

Municipio	Frijol (superficie ha)		Rendimiento promedio (ton/ha)	Costo unitario (\$/kg)	Costo total (\$)
	Sembrada *	Siniestrada **			
San Juan Lachao Nuevo	85	55.25	0.8	18	795,600.00
Santos Reyes Nopala	168	109.2	0.8	18	1,572,480.00
San José Manialtepec	-	-	-	-	-
Total	253	164.45	-	-	2,368,080.00

\*Datos obtenidos por SIAP, (2016) y SNIIM, (2016).

\*\*Datos obtenidos por comunicación personal durante trabajo de campo 2015.

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP (2016), y trabajo de campo (2015), considerando un 65 % de superficie siniestrada.

EL maíz y el frijol son los principales cultivos de la región, y es una producción principalmente de autoconsumo, por lo que el total de los daños ocasionados a cultivos es de \$2,368,080.00 pesos.

#### b) Cafecultura

San Juan Lachao es el único municipio de la subcuenca que se dedica a esta actividad, con al menos 200 productores que están constituidos en un ejido, el cual tiene una superficie de 230 ha. Los fuertes vientos causaron la caída del fruto en

toda la plantación de café y provocaron daños físicos a los cafetales, mismos que por dichos daños fueron afectados por una enfermedad llamada “roya”, por lo que la producción de café cereza se vio afectada gravemente (Cuadro 7).

**Cuadro 7.** Costo por daños en plantaciones de café de la subcuenca de Manialtepec.

Municipio	Café (superficie ha)		Rendimiento promedio (ton/ha)	Costo unitario (\$/kg)	Costo total (\$)
	Sembrada *	Siniestrada **			
San Juan Lachao Nuevo	230	184	1.86	7.8	2,002,104.00

\*Datos obtenidos por SIAP, (2016).

\*\*Datos obtenidos por comunicación personal durante trabajo de campo 2015.

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP (2016), y trabajo de campo (2015).

De acuerdo con los datos, los productores cafetaleros están perdiendo \$2,002,104.00 pesos tan solo en 2014, por la presencia de huracanes y lluvias severas. Los cafetaleros reciben un apoyo de SAGARPA por pérdida total de \$2,200.00 por ha de café, pero se representa el mismo caso que en los cultivos de maíz y frijol, de modo que los cafeticultores no reciben ningún tipo de apoyo, ya que las pérdidas se estiman en un 60% aproximadamente.

### c) Ganadería

La ganadería ha cobrado auge en la subcuenca, por lo que actualmente se cuenta con una asociación ganadera dentro de la zona de estudio, la cual recibe apoyo por parte de SEDAFPA (Secretaría de desarrollo agropecuario, forestal, pesca y agricultura), que otorga un pago por semoviente muerto de \$5,000.00 a 7, 000.00 pesos según el peso del animal.

Debido a la creciente de los ríos y al desbordamiento del lecho del río, se estima que al menos el 30 % de los semovientes, perdieron la vida, según datos proporcionados por los ganaderos de la región. El precio promedio de ganado en pie bien alimentado es de \$38 pesos por kilo, considerando que las condiciones de alimentación del ganado en la región están por debajo de ese nivel, el precio de ajuste a \$25 pesos por kilo (Cuadro 8).

**Cuadro 8.** Costo por daños en ganadería de la subcuenca de Manialtepec.

Municipio	Semovientes				Infraestructura	Costo total (\$)
	Cabezas de ganado	Cabezas siniestradas	Peso promedio (kg)	Costo unitario (\$/kg)		
San Juan Lachao Nuevo	150	45	450	25	4,385.00	510,635.00
Santos Reyes Nopala	380	114	450	25	4,385.00	1,286,885.00
San José Manialtepec	45	13.5	450	25	4,385.00	156,260.00
Total	575.00	172.50				1,953,780.00

\*Datos obtenidos por comunicación personal durante trabajo de campo 2015.

Fuente: Elaboración propia con datos de SNIIM (2016), y trabajo de campo (2015).

Adicional a la pérdida de semovientes, también se tomó en cuenta toda la infraestructura que resulta dañada a causa de las lluvias severas y fuertes vientos, contemplando la reposición de láminas, postes y rollos de alambre de acuerdo a estimados proporcionados por comunicación personal con los ganaderos.

#### d) Viviendas

En cuanto a los daños a viviendas afectadas por inundaciones y fuertes vientos, según la información proporcionada por las personas afectadas, oscila de \$15,000 a \$60,000, se tomó el monto aproximada de \$20,000.00pesos, para realizar el cálculo total de costos, debido que la región cuenta con un nivel económico por debajo del promedio (Cuadro 9).

**Cuadro 9.** Costo por daños en vivienda de la subcuenca de Manialtepec.

Municipio	Viviendas		Costo promedio de daños por casa	Costo total
	Habitadas	Afectadas		
San Juan Lachao Nuevo	944	370	20,000.00	7,400,000.00
Santos Reyes Nopala	3683	1470	20,000.00	29,400,000.00
San José Manialtepec	107	42	20,000.00	840,000.00
Total	4734	1882		37,640,000.00

\*Datos obtenidos por comunicación personal durante trabajo de campo 2015.

Fuente: Elaboración propia con datos de trabajo de campo (2015).

El daño a viviendas, representa el costo más elevado entre los daños generados por inundaciones y la presencia de huracanes, lo que representa un mayor esfuerzo de las familias para recuperar sus pertenencias y aspirar a un nivel de vida mejor.

e) Vidas humanas

Las pérdidas de vidas humanas son el peor daño que puede generar la presencia de huracanes y lluvias severas, ya que en el año 2014 se registró la muerte de 2 jóvenes de entre 20 y 30 años de edad.

Aun cuando no es satisfactoria la asignación tradicional que se hace de la vida humana en valor económico, en el marco de los riesgos y seguros de vida se acostumbra a hacerlo. En este caso, consideramos lo que la Ley Federal del trabajo (2015) establece en su artículo 502, donde se señala que se pagará un monto equivalente a 5,000 días de salario.

De acuerdo con lo anterior, los montos correspondientes a las dos muertes y considerando el salario mínimo vigente de 80.04 pesos, las dos muertes ocurridas equivalen a:  $80.04 * 5,000 * 2 = 800,400.00$  pesos.

Finalmente, se presenta un resumen del monto total de los daños causados por el huracán Marie, en la región de estudio (Cuadro 10).

**Cuadro 10.** Costo total de daños causados por Marie.

Concepto		Daños totales
Agricultura	Maíz	1,045,980.00
	Fríjol	2,368,080.00
	Café	2,002,104.00
Ganadería		1,953,780.00
Vivienda		37,640,000.00
Vidas humanas		800,400.00
Total		45,810,344.00

\*Elaboración propia con datos actualizados a 2017.

#### **4.3 Propuestas de obras de prevención de los daños causados por los huracanes**

De acuerdo con las entrevistas realizadas con los presidentes de las comunidades y el recorrido en campo, actualmente solo se cuenta con un muro de contención en la parte baja de la cuenca, con una extensión de 1 km a la orilla del río, que se encuentra ya en fase de deterioro, dicha obra se realizó hace 10 años aproximadamente, por lo que el nivel de protección se redujo al menos en un 60%, dado que el material con que se realizó fue de tierra y piedra acomodada.

De acuerdo con CONAGUA (2011), México cada año es afectado por la presencia de fenómenos meteorológicos con una intensidad inusual, que dejan a su paso una serie de daños difíciles de cuantificar. A pesar de los esfuerzos realizados para enfrentar la llegada de estos fenómenos naturales, no se han tenido los resultados esperados, es por eso que necesita trabajar en obras de control de inundaciones, que coadyuven a las actividades de prevención de éstas, para reducir la mayor cantidad de daños posibles.

En este apartado se proponen obras de prevención para el control de inundaciones, dentro de las cuales se describen obras estructurales como la construcción de muros de contención y barreras vivas. Así como alternativas no estructurales tales como la elaboración de sistemas de alerta temprana; con la finalidad de contar con mejor preparación para enfrentar y minimizar los daños ocasionados en la temporada de lluvias y huracanes a la población.

##### **A) Muros de contención**

De acuerdo con SAGARPA (2016), el muro de contención es una estructura sólida hecha a base de mampostería y cemento armado que está sujeta a flexión por tener que soportar empujes horizontales de diversos materiales, sólidos, granulados y líquidos. Debido a que la problemática principal de la subcuenca son las inundaciones, se propone esta obra como obra principal para mitigar el efecto de dichos eventos sobre la zona urbana y agrícola de la zona de estudio.

**Objetivo:**

Reducir o detener el empuje horizontal debido al incremento del nivel de agua del río y arrastre de sedimentos del cauce principal, para evitar principalmente daños a las zonas urbanas y agrícolas de la subcuenca, debido a la presencia de inundaciones. Los principales problemas que se pretende prevenir son: Azolvamiento y Azolvamiento del alcantarillado sanitario y pluvial, daños a la agricultura y ganadería, daños a viviendas, daños a puentes, vados y caminos, arrastre de piedras, árboles y depósito de lodo, inundaciones y encharcamientos.

**Ventajas:**

Su uso genera empleos temporales, son más económicas que otras estructuras (de tabique u otros materiales ligeros), su cálculo y construcción son fáciles; no requieren de mantenimiento sofisticado, es fácil conseguir los materiales con que se construyen, protegen las vías y casas de las áreas urbanas, tienen mayor durabilidad y resistencia al deterioro ambiental, evitan pérdidas económicas de los insumos que se transportan por vía terrestre. Controlan el deterioro de las márgenes de los ríos, son de utilidad en el mantenimiento de las áreas útiles de cultivo y también sirven para la delimitación de predios. Además, proteger a las áreas urbanas, agrícolas y de pastoreo de eventos como inundaciones.

**Desventajas:**

Los muros de contención debido a su peso, no se pueden establecer en terrenos de baja consistencia y cohesión (muy húmedos). Se deben de eliminar todos los materiales indeseables tales como: fragmentos de roca, material vegetal, suelos arenosos e inestables (derivados de cenizas volcánicas).

**Condiciones donde se establece:**

Se requiere de terrenos con alta consistencia y resistencia, además de ubicación precisa para aprovechar al máximo su funcionamiento. Donde hay riesgo de desplazamientos de tierra, nieve y agua; deben de anclarse adecuadamente.

Los tipos de sustrato se clasifican en:

Tipo I (sustrato suelto, para manejarlo se requiere de una pala).

Tipo II (sustrato compactado, para su manejo se requiere de zapapico y pala).

Tipo III (sustrato rocoso, para su manejo se requiere de herramienta más especializada como barretas, cuñas, marros, rompedoras y barrenadoras neumáticas. En casos extremos de dureza del sustrato se requiere el uso de explosivos) (SAGARPA, 2016). En el caso particular del área de estudio se va a trabajar con los tipos de suelo II y III.

**Equipo:**

En la mayoría de los casos, los trabajos se realizan manualmente; sin embargo, cuando el volumen de la obra sobrepasa 4.00 m de altura y 50.00 m de longitud puede ser necesario adquirir una revolvedora para mortero.

**Especificaciones del diseño según SAGARPA (2016):**

Emplear piedras mayores de 30 cm, que no tenga grietas o fisuras e inclusiones de materiales diferentes a la composición de la piedra (vetas de cal o material arcilloso) que disminuyan su resistencia. Deben de rechazarse piedras con caras redondeadas o boleadas (forma de bola). Los espacios entre las piedras no deben ser mayores de 2.5 cm. En espacios mayores de 3 cm deberán éstos de acuñarse con piedras pequeñas o rajuelas del mismo material de las piedras.

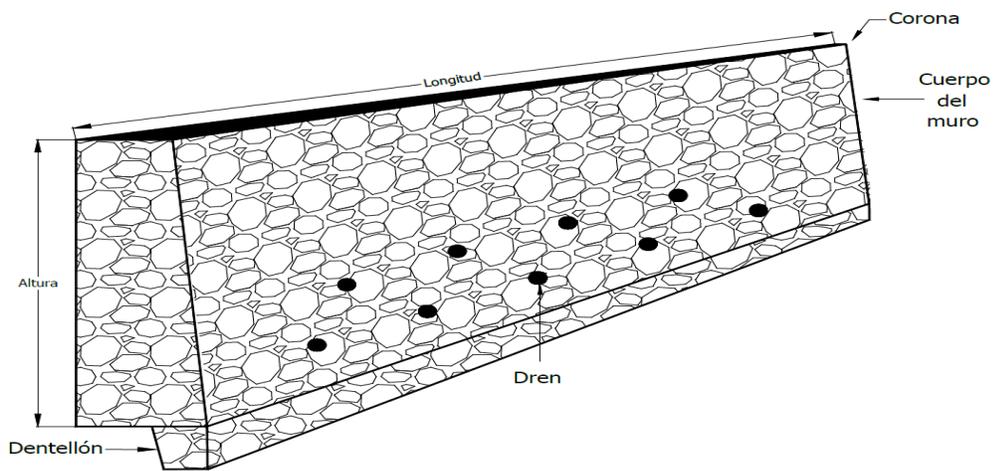
Para elaborar 1 m<sup>3</sup> de mortero cemento-arena-agua, en proporción 1:5; se requiere de 285.50 kg de cemento, 1.224 m<sup>3</sup> de arena y 0.237 m<sup>3</sup> de agua. En la construcción

del muro se vigilará que las piedras queden perfectamente “cuatrapeadas” tanto horizontal como verticalmente, con el fin de lograr un buen amarre y evitar cuarteaduras en las juntas. Las piedras más grandes se colocarán en la parte inferior y se seleccionarán aquellas que posean formas y cortes adecuados para ser colocadas en esquinas, orillas y ángulos.

Se deben de respetar reventones (hilos guía), paños (porción de pared en línea) y plomos. Comprobar con la plomada que las piedras presenten verticalidad en las superficies que la requieran. Se recomienda, primero, desplantar las esquinas de los muros para que sirvan de apoyo y de guía a los reventones de las alineaciones correctas.

El material pétreo que se recomienda se denomina piedra braza, el cual debe tener una cara definida, la que se colocará buscando la vista principal del muro.

En caso de que exista el riesgo de que el muro pueda deslizarse, debido a la pendiente del terreno (entre el 5 y 20 %) y el empuje de la tierra, se recomienda hacer un dentellón en la base de la estructura para evitar el desplazamiento de la misma (Figura 2).



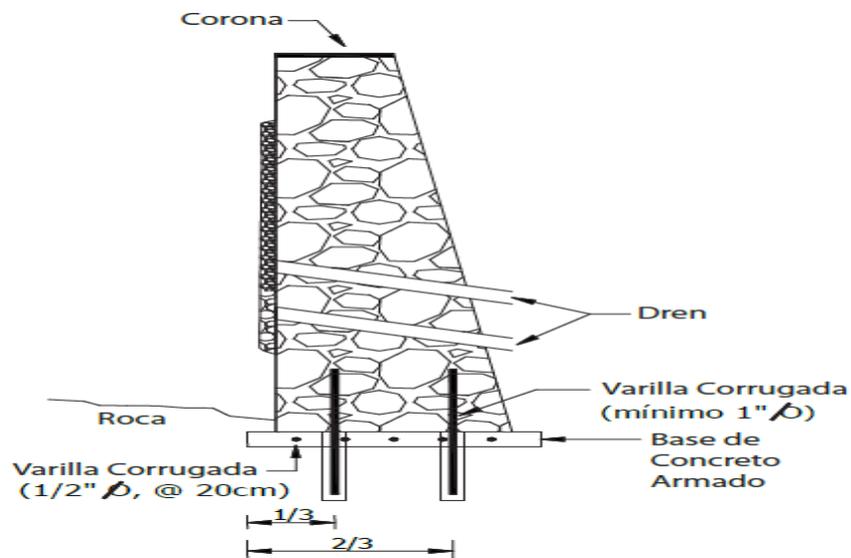
**Figura 2.** Muro de mampostería de piedra braza con drenes y dentellón, para sitios con riesgo de deslizamiento.

Fuente: SAGARPA, 2016.

En caso de que el muro se vaya a colocar sobre un manto rocoso (sustrato tipo III) que tenga una pendiente superior a 5 grados (8.75%) es conveniente hacer obras de anclaje con varilla corrugada de diámetro mínimo de una pulgada, separadas a  $1/3$  y  $2/3$  del ancho de la base del muro; éstas se colocarán a una distancia de 2.00 m longitudinalmente.

Las varillas serán de 1.00 m de longitud; estarán ancladas hasta una profundidad de 30 cm en el terreno natural; 20 cm estarán amarradas a la varilla de la base, los 50 cm restantes estarán dentro del cuerpo del muro. Estas varillas evitarán el deslizamiento y volteamiento del muro. Para darle horizontalidad al desplante del muro y fijar las anclas, se construirá una base de concreto armado de 10 cm de espesor con varilla corrugada de  $1/2$  pulgada colocada con una separación de 20 cm en los dos sentidos del emparrillado. (Figura 3).

Las dimensiones de la base serán siempre las mismas para cualquier altura y longitud ya que se trata de darle horizontalidad al desplante para que las fuerzas se repartan uniformemente. Para elaborar 1 m<sup>3</sup> de concreto con grava de 19 mm de espesor máximo, se requiere de una proporción de 1:2:3; o sea de 362 kg de cemento, 0.478 m<sup>3</sup> de arena 0.717 m<sup>3</sup> de grava y 0.217 m<sup>3</sup> de agua.



**Figura 3.** Muro de mampostería con anclaje en suelos de material tipo III y pendientes mayores de 5%.

Fuente: SAGARPA, 2016.

En zonas de alta y media precipitación, el muro de contención debe tener drenes a diferentes alturas para evitar la acumulación de agua, éstos se colocarán en función de la altura del muro y permeabilidad del suelo. A partir de 2.00 m de altura del muro de contención se recomienda colocar la primera línea de drenes a 0.50 m de la superficie del suelo, los subsecuentes se ubicarán con separaciones de 1.00 m entre sí, hasta la altura final del muro. En zonas de baja precipitación y volumen, la separación longitudinal de los drenes puede ser de 3.00 m o a la mitad: En el caso de que la frecuencia y el volumen de la lluvia sean altos la separación entre drenes será de 1.50 m.

Los drenes deben de tener un diámetro interior de 3 pulgadas y el material puede ser de concreto o de PVC. En la parte posterior del muro de contención debe de colocarse un filtro de grava para evitar el taponamiento de los drenes con la tierra. En la corona o parte superior del muro se recomienda hacer una carpeta de mortero (cemento-agua - arena) de 3 cm de espesor, bien sea de forma rectangular con el fin de evitar el deterioro de la obra producido por el agua, el sol y la vegetación (Figura 3).

### **Mantenimiento:**

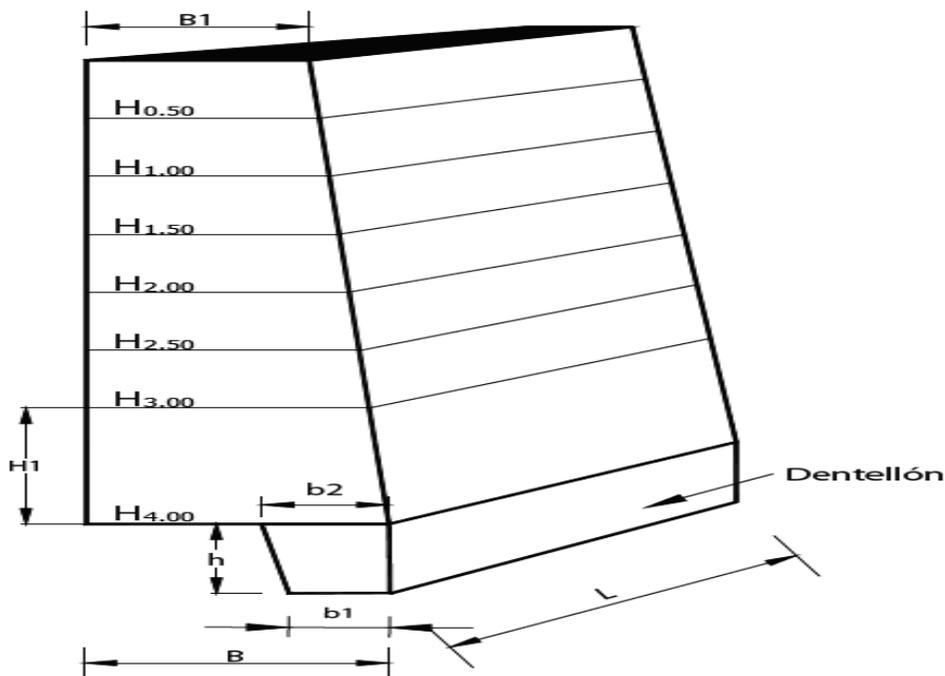
Se debe evitar totalmente la proliferación de cualquier material vegetal en la estructura del muro de contención. La limpieza de la maleza se puede lograr por remoción manual, por medio de chorros de agua a presión o usando herbicidas apropiado.

En caso de presentarse grietas o fisuras se deben reparar con un mortero “embeco” (cemento expansivo) adicionado con aditivo que impermeabilice el área; previamente se deberá realizar una minuciosa limpieza del área afectada.

Se deben efectuar revisiones con periodicidad para detectar proliferación de material vegetal en la estructura, principalmente en la época de lluvias.

### Cálculo de volúmenes de obra para un muro de contención de 1 m de longitud:

Sobre la capa de suelo se realizará una excavación donde se construirá el dentellón que servirá para evitar un posible deslizamiento del muro de contención. Este tendrá una forma trapezoidal invertida. Las dimensiones del dentellón serán 60 cm de altura, la base mayor de 40 cm y la menor de 30 cm. El dentellón deberá de hacerse en toda la longitud del muro (Cuadro 11 y Figura 4) (SAGARPA, 2016).



**Figura 4.** Modelo de muro de contención de 1m de longitud.

Fuente: SAGARPA, 2016.

### Cálculo de la obra propuesta:

Considerando que para evitar la inundación del poblado de Manialtepec, debido a las fuertes lluvias que se presentan, se necesita construir un muro de contención de mampostería de piedra braza (con una de sus caras plana). Antes de construir el muro se recomienda remover el suelo que tenga baja consistencia (Cuadro 11 y 12).

**Cuadro 11.** Volumetría de 1m lineal de muro de mampostería.

Altura Muro H (m)	Muro				Volumen Piedra <sup>2/</sup> (m <sup>3</sup> )	Cemento <sup>3/</sup> (kg)	Arena <sup>4/</sup> (m <sup>3</sup> )	Agua <sup>5/</sup> (Lt)
	B (m <sup>3</sup> )	B <sub>1</sub> (m)	H (m)	V <sub>m</sub> (m <sup>3</sup> )				
1.00	0.45	0.30	1.00	0.38	0.57	32.00	0.16	30.00
1.50	0.65	0.35	1.50	0.75	1.13	62.00	0.31	59.25
Dentellón <sup>1/</sup>					0.32	17.50	0.09	17.00
2.00	0.80	0.60	2.00	1.40	2.10	116.00	0.57	111.00
2.50	1.05	0.60	2.50	2.06	3.10	171.00	0.84	163.00
3.00	1.20	0.60	3.00	2.70	4.05	225.00	1.10	213.00
3.50	1.44	0.60	3.50	3.57	5.36	297.00	1.50	282.00
4.00	1.64	0.60	4.00	4.48	6.72	373.00	1.83	354.00
4.50	1.85	0.60	4.50	5.54	8.31	461.00	2.26	438.00
5.00	2.05	0.60	5.00	6.65	9.98	554.00	2.71	525.00
5.50	2.25	0.60	5.50	7.86	11.80	654.00	3.20	621.00
6.00	2.47	0.60	6.00	9.18	13.77	810.00	3.75	725.00

1/ Las dimensiones del dentellón propuestas (b<sub>2</sub>=0.40 m, b<sub>1</sub>= 0.30 m, h= 0.60 m) son válidas para muros de contención de 2.00 a 6.00 m de altura; por lo tanto, el volumen del dentellón (0.21 m<sup>3</sup>) debe agregársele al volumen del muro. El volumen de excavación del dentellón es igual al volumen de mampostería del mismo.

2/ Los volúmenes de piedra a comprar serán el resultado de multiplicar el volumen del muro y dentellón por 1.5 (Coeficiente de abundamiento).

3/ Para pegar 1 m<sup>3</sup> de mampostería se requieren de 83.3 kg de cemento.

4/ Para construir 1 m<sup>3</sup> de mampostería se requiere de 0.408 m<sup>3</sup> de arena.

5/ Para construir 1 m<sup>3</sup> de mampostería con mortero (cemento-arena-agua), se requiere de 79.00 lt de agua.

V<sub>d</sub>= Volumen dentellón.

V<sub>m</sub>=Volumen de muro.

Fuente: SAGARPA, 2016.

**Cuadro 12.** Cimentación en sustrato tipo III para pendientes de 5 a 20 % para una longitud de 1.00 m lineal de muro.

Altura Muro H (m)	Cimentación			Concreto (m <sup>3</sup> )	Varilla (de 1 pulgada) (kg)	Acero (de ½ pulgada) (kg)	Cemento (kg)	Arena (m <sup>3</sup> )	Grava (m <sup>3</sup> )	Agua (Lt)	Alambre (g)
	B (m <sup>2</sup> )	Longitud (m)	Espesor (m)								
2.00	0.80	1.00	0.10	0.08	7.95	11.06	29.00	0.04	0.06	19	80
2.50	1.05	1.00	0.10	0.11	7.95	14.54	39.80	0.05	0.08	26	105
3.00	1.20	1.00	0.10	0.12	7.95	15.43	43.40	0.06	0.09	28	120
3.50	1.44	1.00	0.10	0.14	7.95	18.10	50.70	0.07	0.10	33	144
4.00	1.64	1.00	0.10	0.16	7.95	20.26	58.00	0.08	0.11	38	164
4.50	1.85	1.00	0.10	0.18	7.95	22.61	65.20	0.09	0.13	43	185
5.00	2.05	1.00	0.10	0.20	7.95	24.90	72.40	0.10	0.14	47	205
5.50	2.25	1.00	0.10	0.23	7.95	22.28	83.30	0.11	0.16	54	225
6.00	2.47	1.00	0.10	0.25	7.95	32.10	90.50	0.12	0.18	59	250

Fuente: SAGARPA, 2016.

Las características del muro son: 4.00 m de altura, y de 10.00 m de longitud.

Pasos a seguir:

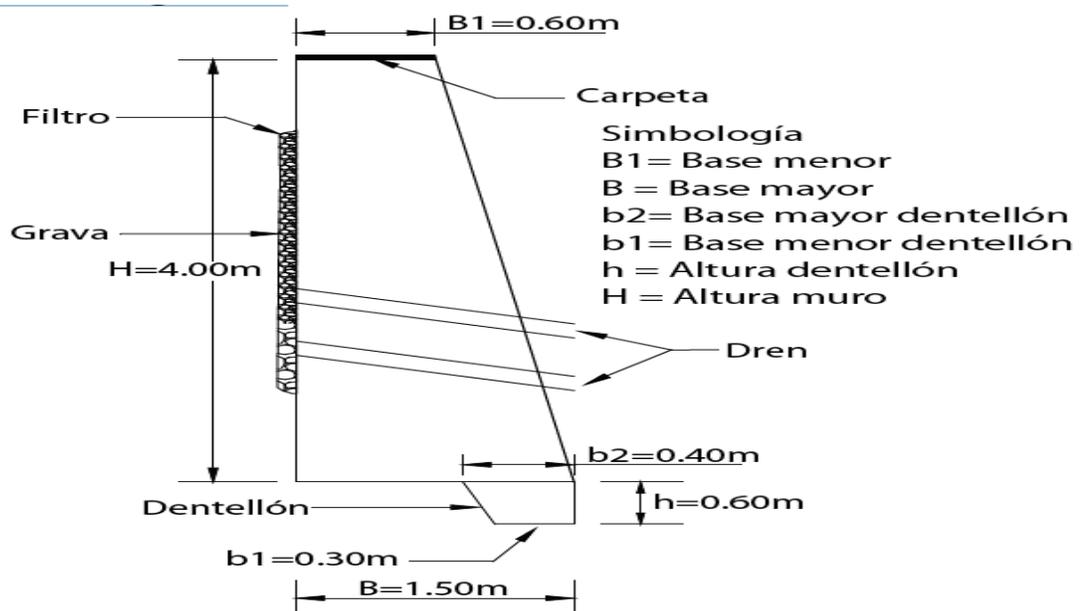
- Localización del sitio donde se va a construir el muro.
- Limpieza del área.
- Trazo y nivelación.
- Excavación para la cimentación de la obra.
- Construcción del muro de contención.

#### **Características de la obra:**

Para la altura de cuatro metros se requiere de un desplante de 1.50 m de ancho, con terminación en la corona de 60 cm de ancho. La pared del muro será vertical en el lado interior y tendrá un escarpio (ángulo o inclinación que se da a las cimentaciones o muros de piedra brasa) hacia el lado exterior (Figura 5).

Es necesario, para evitar el deslizamiento de la obra, construir un dentellón en la parte exterior del muro, que servirá de anclaje a la estructura. El dentellón tendrá una

forma trapezoidal invertida. Las dimensiones serán de 60 cm de altura, una base mayor de 40 cm y la base menor de 30 cm. El dentellón deberá de hacerse en toda la longitud del muro (Figura 5).



**Figura 5.** Componentes de un muro de mampostería con dentellón.  
 Fuente: SAGARPA, 2016.

El material con el que se va a pegar la piedra braza será con una mezcla de cemento-arena en proporción 1:5. Sobre la capa de suelo se realizará una excavación de 50 cm de profundidad por 1:50 de ancho y 10 m de longitud. Sobre esta excavación se realizará la cimentación que sirve como base para el desplante del muro de contención y como anclaje de la estructura.

**Cálculo de volúmenes de obra:**

a) Volumen de excavación del dentellón (Ved).

$$Ved = ((0.40 \text{ m} + 0.30 \text{ m}) * (0.60 \text{ m}))/2 (10.00 \text{ m})$$

$$Ved = 2.10 \text{ m}^3$$

b) Volumen del muro (Vm).

$$Vm = ((1.64 \text{ m} + 0.60 \text{ m}) (4.00 \text{ m}))/2 (10.00 \text{ m})$$

$$Vm = 44.80 \text{ m}^3$$

c) Volumen total del muro de contención de mampostería ( $V_{tm}$ ).

$$V_{tm} = V_{ed} + V_m$$

$V_{ed}$  = volumen de excavación del dentellón. (2.10 m<sup>3</sup>)

$V_m$  = Volumen del muro (44.80 m<sup>3</sup>)

$$V_{tm} = 2.10 \text{ m}^3 + 44.80 \text{ m}^3$$

$$V_{tm} = 46.90 \text{ m}^3$$

## **B) Cortinas rompevientos**

De acuerdo con SEMARNAT (2011), las cortinas rompevientos son hileras de árboles o arbustos de diferentes alturas que forman una barrera, opuesta a la dirección predominante del viento, alta y densa que se constituye en un obstáculo al paso del viento. Se conocen también como barreras rompevientos, setos vivos o fajas de albergue, por refugiar a cierto tipo de fauna. Es una práctica para el control de la erosión eólica, se usa en áreas agrícolas, pastizales, áreas desprovistas de vegetación y en zonas urbanas.

En el caso del área de estudio se requiere construir este tipo de obra para complementar la acción de protección del muro de contención, por lo que se requiere una plantación de la misma longitud del muro de contención, es decir de 6.09 km, puesto que estas obras son complementarias.

### **Objetivo:**

En el caso de estudio tienen el objetivo de restaurar la vegetación ribereña y fungir como complemento para estabilizar los muros de contención, evitando la erosión del suelo y dando soporte a los muros; también reducirán la fuerza de la corriente hídrica y ayudarán a proteger las zonas urbanas de los fuertes vientos.

Así mismo ayudan a reducir la velocidad del viento en parcelas con fines agropecuarios; reducir el movimiento del suelo; conservar la humedad; reducir la

acción mecánica del viento sobre cultivos, huertas, ganado y fauna silvestre y regular las condiciones del microclima; o incrementar la belleza natural de un área.

### **Ventajas:**

Reduce la velocidad del viento. Por el obstáculo que presenta la cortina al flujo de viento, la reducción de la velocidad es máxima en la zona inmediata a la cortina y aumenta a medida que se aleja de esta protección. FAO (1961) citado por SEMARNAT (2011), reporta que los porcentajes de reducción de la velocidad del viento son de 60 a 80% en la parte más cercana a ésta, y de 20% a distancias 20 veces la altura de la misma. La reducción máxima de la velocidad del viento, se obtiene en el área de protección equivalente a cuatro veces la altura de la cortina.

La altura de la barrera constituye una unidad práctica de medida aplicada a la distancia en que el terreno queda protegido por ésta. Así la distancia de protección es de 14 veces la altura.

Detienen la carga del material acarreado. Al disminuir la velocidad del viento parte del material transportado se deposita al no existir ya la energía necesaria para mantener en movimiento las partículas del suelo. En caso de que el nivel de agua del río rebase la altura del muro de contención, la barrera o muro vivo ayudará a reducir la fuerza del agua entrante hacia las zonas urbanas o agrícolas, y los sedimentos quedaran almacenados en la base de dicha barrera, ayudando a incrementar la altura de la barrera protectora y disminuyendo el grado de inundación.

### **Condiciones donde se establece:**

Las cortinas se orientan generalmente de N-S o de E-W, paralela a los límites del área urbana o agrícola con la riberas del río. Se puede presentar alguna reducción en la velocidad del viento en una longitud equivalente a 20 veces la altura de la cortina (20H) (SEMARNAT, 2011).

El inicio de las cortinas debe establecerse a 2 metros de distancia del muro de contención, para evitar que las raíces de los árboles agrieten los muros de contención, pero al mismo tiempo que ayuden como soporte lateral y eviten la erosión del suelo, donde se establecen los muros. El establecimiento de cortinas los árboles y arbustos necesitan recibir el mismo cuidado que reciben otras prácticas de conservación. Muchas plantaciones de cortinas fallan simplemente porque no se les proporciona una buena fertilización.

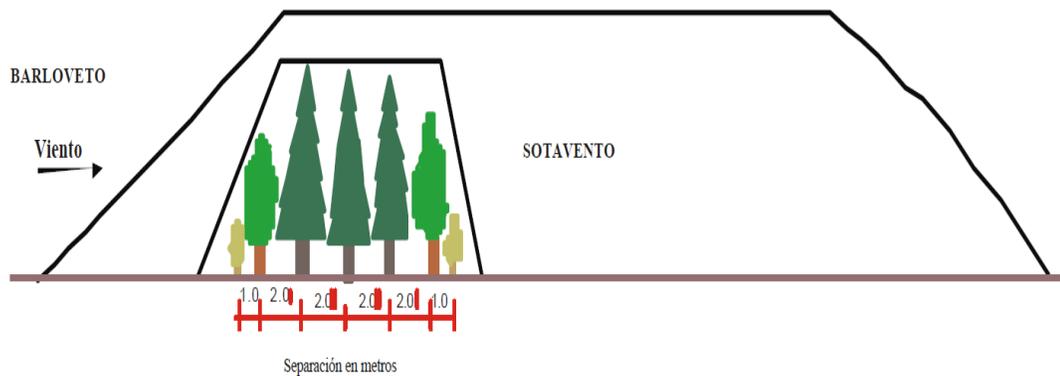
**Equipo:** Pala recta, pala cuadrada, picos, barretas y machetes

### **Especificaciones del diseño según SEMARNAT (2011):**

Para lograr los objetivos de las cortinas, es importante considerar los siguientes puntos:

- **Orientación.** Las cortinas en campo deben orientarse paralelamente a los muros de contención, siguiendo las orillas del cauce del río.
- **Forma:** Debe procurarse la formación de 4 a 10 hileras, utilizando árboles y arbustos con una distribución que permita una forma trapezoidal
- **Altura.** Entre más alta sea la cortina, mayor será el área protegida y mayor el espaciamiento entre cortinas.
- **Densidad.** La cortina se debe diseñar para obtener una densidad en la madurez del 50% al 60% de la densidad de una barrera sólida. De una a tres hileras de árboles o arbustos en la madurez proporcionan comúnmente la densidad deseada.

Debe ser lo más compacta posible, evitándose espaciamientos entre plantas que permitan infiltraciones de aire que formen corrientes turbulentas. La separación entre hileras y plantas depende del desarrollo de las especies y de la porosidad que se desee. Las separaciones más usuales para cortinas son de 1 a 2 m entre arbustos y de 2 a 3 m entre árboles (Figura 6).



**Figura 6.** Formación correcta y zona de protección de una cortina rompevientos.  
Fuente: COLPOS, 2016.

### **Selección de las especies de árboles y arbustos:**

En la selección considere las recomendaciones siguientes:

- Especies adaptadas a la zona: Seleccione la especie de acuerdo a características de suelo, clima, altura deseada, densidad, ancho de la corona, tendencia a ramificar, crecimiento, longevidad, presencia de plagas y enfermedades, valor estético y valor para la vida silvestre.
- Resistentes a la sequía: Considere especies con sistemas radiculares vigoroso para un óptimo aprovechamiento de la humedad del suelo.
- De crecimiento rápido y morfológicamente uniforme con gran densidad de copas.
- Utilizar en las alineaciones exteriores de la cortina, especies no apetecibles por el ganado o espinosas que restrinjan el ramoneo.
- Que conserven parte del follaje todo el año.

Algunas recomendaciones son:

- Use solo una especie por hilera, evite alternar especies en una hilera debido a las variaciones de crecimiento.
- En hileras múltiples se pueden utilizar varias especies en cada hilera para reducir al mínimo la pérdida de la cortina por enfermedad, incrementar la

longevidad de la cortina, diversificación biológica y una mejor forma de crecimiento.

- Se debe evitar el uso de especies de crecimiento denso o lento si otras especies nativas satisfacen los requerimientos.

Las principales especies utilizadas como cortinas rompevientos se presentan a continuación (Cuadros 13, 14 y 15):

**Cuadro 13.** Especies de árboles recomendadas para cortinas rompevientos en climas tropicales.

Nombre científico	Nombre común	Perenne o Caducifolio	Altura
<i>Bursera simaruba</i>	Chaca	Perenne	25 - 30 m
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Parota	Perenne	25 - 30 m
<i>Tamarindus indica</i>	Tamarindo	Perenne	25 - 30 m
<i>Anacardium occidentale</i>	Marañón	Perenne	15 - 20 m
<i>Mangifera indica</i>	Mango	Perenne	20 – 30 m
<i>Manilkara zapota</i>	Chicozapote	Perenne	20 – 30 m
<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce tropical	Caducifolio	25 m
<i>Azadirachta indica</i>	Neem	Perenne	15 m
<i>Leucaena leucocephala</i>	Guaje	Perenne	10 – 12 m
<i>Anona cherimola</i>	Chirimoya	Perenne	7 – 8 m
<i>Gliricidia sepium</i>	Cocuite	Caducifolio	10 m
<i>Inga spp.</i>	Guaba	Caducifolio	12 – 18 m

Fuente: SAGARPA, 2016.

**Cuadro 14.** Especies de árboles recomendadas para cortinas rompevientos en climas templados.

Nombre científico	Nombre común	Perenne o Caducifolio	Altura
<i>Salix alba</i>	Sauce blanco	Perenne	20 m
<i>Taxodium macronatum</i>	Ahuhuete	Perenne	20 - 30 m
<i>Juniperus virginiana</i>	Enebro de Virginia	Perenne	30 m
<i>Pinus spp</i>	Pino	Perenne	30 m
<i>Quercus spp.</i>	Encino	Caducifolio	30 m
<i>Ulmus americana</i>	Olmo	Caducifolio	20 m
<i>Juglans spp.</i>	Nogal	Caducifolio	30 m

Fuente: SAGARPA, 2016.

**Cuadro 15.** Especies de arbustos recomendados para cortinas rompevientos en climas templados y tropicales.

Nombre científico	Nombre común	Perenne o Caducifolio	Altura
<i>Acacia</i>	Tepame	Perenne	8 m
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guacimo	Perenne	20 - 25 m
<i>Heliocarpus americanus</i>	Majahua	Perenne	8 – 10 m
<i>Astianthus viminalis</i>	Achuchil	Perenne	2 - 20 m

Fuente: SAGARPA, 2016.

Una sola hilera de árboles o arbustos es adecuada si se mantiene un buen soporte y una densidad moderada. Dos o más hileras pueden emplearse donde sea difícil mantener un soporte de árboles o arbustos debido al suelo u otros factores. Dos o más hileras pueden utilizarse cuando el propietario desee aumentar el nivel de protección, beneficios para la vida silvestre o embellecimiento del sitio como resultado del diseño de la hilera.

Las especies que se van a utilizar para este caso de estudio son las siguientes:

En la parte alta de la subcuenca, se utilizarán especies de *pino*, *encino* y arbustos como *guazuma ulmifolia*. En la parte media y baja de la subcuenca se utilizarán especies de *Bursera simaruba*, *Enterolobium cyclocarpum* y arbustos como *Acacia spp.* Estas especies son las más adecuadas para la zona de estudio debido a su rápido crecimiento, altura adecuada y de ciclo perenne.

Las especies destinadas para esta actividad, se adquirirán en viveros aledaños a la zona, los árboles de una altura aproximada de 1 a 1.5 metros, y los arbustos de .5 a 1 m de altura, con la finalidad de que presenten raíz resistente para el trasplante en campo, y de este modo haya mayor porcentaje de sobrevivencia.

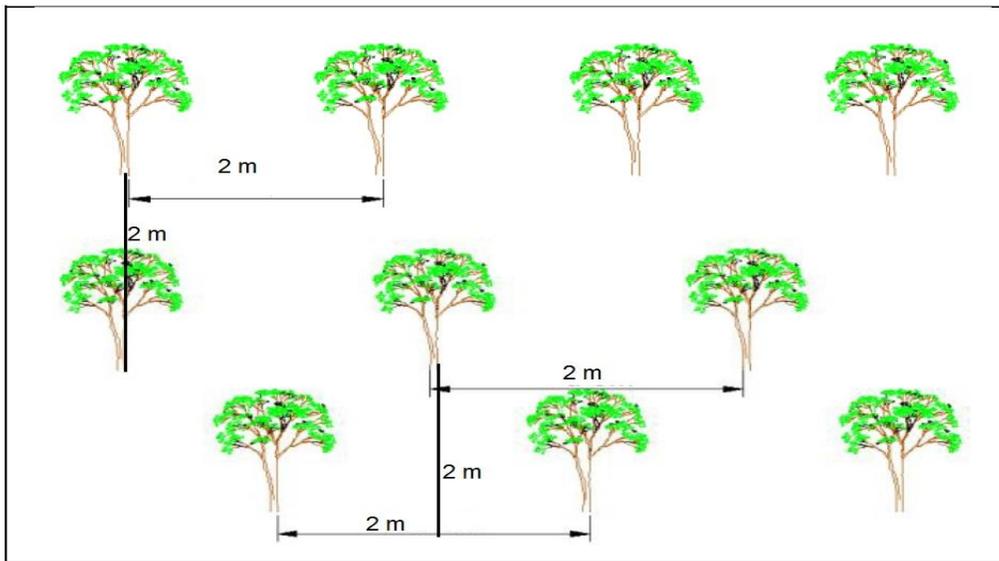
### Espaciamiento entre árboles:

En este caso, la barrera estará compuesta por tres hileras, la primera será de arbustos, la segunda y tercera de árboles. El arreglo de las hileras será en tres bolillos, a una distancia de 2 metros entre hileras y entre árboles.

Los espaciamientos mínimos y máximos de los árboles dentro de la hilera serán:

Árboles y conífera: En una hilera de 2 m, en hileras múltiples de 2 a 4 m.

Arbustos: dependiendo de la especie: 2. m. Espaciamiento entre hileras: El espaciamiento mínimo entre hileras será de 2 m (Figura 7).



**Figura 7.** Distribución de las hileras para formar la barrera rompevientos.

Fuente: Elaboración propia

### Localización en referencia a zanjas y arroyos:

Las cortinas no deben ubicarse donde los árboles maduros puedan interferir con líneas de transmisión o con tuberías de uso general. Los árboles de las cortinas deben establecerse a 6 m de las líneas de transmisión o de tuberías de manera que no entren en contacto las ramas o raíces de los árboles. Se debe dejar un pasillo de 6 m entre las cortinas y líneas eléctricas, para poder proporcionar mantenimiento a las cortinas (COLPOS, 2016).

### **Localización en referencia a zanjas y corrientes:**

Las cortinas se deben establecer a una distancia mínima de 6 m de zanjas y corrientes para reducir al mínimo la deposición del suelo en arroyos.

### **Establecimiento de cortinas:**

**Preparación del sitio:** La preparación del sitio se puede realizar antes de la plantación. Muchas plantas, particularmente muchos de los pastos pueden desaparecer del área de establecimiento de las cortinas con productos naturales que producirán los árboles y los arbustos (alelopatía). La vegetación puede controlarse con una combinación de:

- Labranza con arado, disco, cultivadoras o un instrumento similar.
- Eliminados con un accesorio mecánico o a mano.
- Tratamiento químico con un herbicida apropiado.
- Usar acolchados naturales o artificiales o lonas plásticas.

**Obtención y cuidado de los árboles del vivero:** Los arbolitos a establecer deben estar adaptados al clima, de preferencia se debe de obtener de viveros cercanos al sitio de siembra. Los árboles y arbustos se deben plantar lo más rápido posible después de su llegada del vivero al sitio. Si la siembra se realiza dos o tres días después de su llegada, estos deben de mantenerse a la sombra en lugares que no sufran amplios rangos de variación en temperatura.

Se debe asegurar que la planta esté preparada para ser transportada al sitio de plantación, es un factor que repercutirá en el establecimiento del mismo. Por lo que se deben de tener en cuenta una serie de cuidados para lograr que el arbolito, al ser llevado a campo, llegue en condiciones óptimas para ser establecido.

### **Los cuidados son:**

Empaquetado con plástico vitafilm: Consiste en formar paquetes de 10 a 15 plantas cada uno, envolviendo los cepellones con al menos tres vueltas de plástico, de un ancho de dos centímetros mayor al alto del cepellón, para evitar que se tape la base del paquete y la parte aérea de las plantas. Empaquetado a cepellón desnudo: Esto consiste en acomodar las plantas sin empaquetar en estibas encontradas dentro de cajas de madera, plástico o cartón, que puedan estibarse.

Además, éstas deberán forrarse en todas las caras interiores con papel periódico o de estraza para evitar la deshidratación de las plantas. En la parte superior de las estibas de planta se debe colocar una capa de cuando menos dos centímetros de espesor de hidrogel para mantener hidratados los cepellones. El empaquetado a cepellón desnudo se recomienda para planta producida en contenedores con cavidades en forma de pirámide invertida (Fértil, 2016)

**Plantación:** En climas que los permiten, los árboles y arbustos se pueden plantar al inicio de la primavera. Se deben de realizar inspecciones de los árboles plantados y se deben desechar los de tamaño pequeño y los débiles. Durante la plantación las raíces tienen humedad, por lo que no se deben sumergirse en agua. Las raíces secas significan una planta muerta. En algunos sitios, la plantación mecánica puede resultar un método de siembra más económico que la plantación manual.

La plantación manual se puede realizar con pala, azadón, zapapico o herramientas similares. El cuidado que se debe tener es que la cepa sea lo bastante grande permitir las raíces entren libremente evitando que se doblen, las raíces muy largas se deben podar antes de plantar el árbol.

Al plantar árboles de vivero se debe de apretar firmemente el suelo para cerciorarse de que no queden huecos en la cepa. Esto con el fin de que las plantas queden firmes y no se puedan sacar fácilmente. Si se utilizan varetas, estas deben mantenerse húmedas y frescas hasta el momento de plantarlas, se deben de enterrar dejando libres dos o más yemas (COLPOS, 2016).

**Control de competencia vegetativa:** Esta práctica se debe de realizar para asegurar la supervivencia de árboles y arbustos plantados, el control se debe realizar en los tres años posteriores a la plantación de los árboles de la cortina. Esto se puede lograr con: Una cultivadora, un azadón o usando algunos instrumentos montado al tractor.

#### **Mantenimiento de cortinas:**

**Sustitución de los árboles o arbustos muertos:** Los árboles o arbustos muertos deben sustituirse cuando sea necesario, su ausencia provocara un efecto negativo en la estructura de la cortina.

**Aclaración (Poda) de cortinas:** Una cortina debe podarse (aclararse) en caso de que la sobrepoblación este ocasionando una tasa de crecimiento reducida, pérdida de ramas o problemas con plagas y enfermedades.

**Control de plagas y enfermedades:** Cuando sea factible las cortinas deben de protegerse contra plagas y enfermedades, las especies de árboles y arbustos se deben seleccionar considerando las plagas y enfermedades a las que estarán expuestos en una región determinada. Se deben de realizar supervisiones periódicas de la sanidad de los árboles y arbustos, para tomar medidas preventivas que eviten daños graves.

**Protección contra el daño físico:** Las cortinas se deben de proteger contra el pastoreo del ganado. Se debe tratar que las especies seleccionadas no sean apetecibles para la fauna silvestre o se pueden establecer hileras con vegetación control (vegetación repelente); Se deben de proteger siempre contra el fuego y tráfico de vehículos, para esto se pueden cercar o señalizar con banderas (COLPOS, 2016).

### **C) Implementación de planes de manejo de evacuación**

Aún, cuando una cierta área no tenga ninguna medida que evite que una inundación ocurra, la vulnerabilidad de la sociedad en general (y parcialmente su exposición) se

reducen significativamente si ante la amenaza se aplica un plan de manejo de la inundación. Éste depende fuertemente de las características específicas del lugar y no en todos los casos tendrán una estructura idéntica.

Pero, algunas de las secciones más comunes serían:

Mapas de zonas a quedar inundada para diversos caudales previstos en el río. Se acostumbra montar sobre fotografías aéreas o satelitales georreferenciadas como “manchas de inundación”. Pero más información puede ser superpuesta de forma útil, utilizando isolíneas del tirante esperado dentro de las manchas y/o velocidades de flujo calculadas (con modelos hidrodinámicos numéricos, por supuesto) (SEMARNAT,2011).

Relación de autoridades locales encargadas de realizar distintas funciones, con diversas formas de localizarlos en forma emergente. Zonas que requieren evacuación para diversos caudales en el río; zonas hacia donde se evacuará (refugios temporales).

Rutas de evacuación que se utilizarían entre las zonas propensas a inundaciones. Éstas deben contar con verificación de que, para los caudales correspondientes, permanecerán sobre el nivel del agua en todo su desarrollo. Alternativamente se puede marcar en que lapso de tiempo después de la alerta dejarán de ser útiles por quedar inundadas. En principio deben ser rutas desde zonas bajas hacia zonas altas aproximadamente perpendiculares a las isolíneas topográficas.

Disponibilidad de recursos para el manejo de la emergencia, en ubicación, cantidades, estado de operación, responsables, formas de comunicación, riesgo de quedar aisladas por la propia inundación, etcétera. Como ejemplo casi todos los equipos en los Centros Regionales de Atención de Emergencias de la propia CONAGUA, o los disponibles en las zonas militares locales.

Instalaciones particularmente sensibles o vulnerables (escuelas, hospitales, habitaciones de personas mayores, personas con discapacidades, entre otras) incluyendo los horarios de operación si resulta pertinente.

Cálculo de tiempos necesarios para completar cada una de las operaciones que contempla el plan (evacuaciones, colocación de costalera, cierre de compuertas del drenaje urbano hacia el río), así como instantes predeterminados para realizar ciertas maniobras preventivas, como corte de energía eléctrica, aseguramiento de instalaciones de distribución de combustibles, entre otras (SEMARNAT, 2011).

Un plan de manejo de emergencias, es una medida que prácticamente debería elaborarse en conjunto con cualquier otra medida de control de inundaciones. Resulta relativamente de bajo costo inicial (comparada con otras medidas), pero requiere una constante actualización, conforme las autoridades cambian, las condiciones de urbanización cambian y otras medidas de control de inundaciones locales, aguas arriba o aguas abajo son implementadas.

#### **4.4 Costos de las medidas de prevención propuestas**

##### **A) Muro de contención**

Para la realización de los costos se debe hacer primero un programa de trabajo (Cuadro16).

Los costos se deberán detallar por mano de obra, materiales y herramientas a utilizar y que se detallan en los Cuadros 17 y 18. Estos costos están basados en el cálculo del muro de contención propuesto.

**Tiempo de ejecución del muro de contención de 4.00 m de altura, y de 10.00 m de longitud:**

4 Semanas (6 días/semana).

**Cuadro 16.** Programa de trabajo.

CONCEPTO	SEMANAS			
	1	2	3	4
Localización, limpieza	X			
Trazo y nivelación	X			
Excavación para la cimentación	X			
Construcción del muro	X	X	X	X

Fuente: SAGARPA, 2016.

**Cuadro 17.** Costo de materiales.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Piedra braza 1/	M <sup>3</sup>	70.35	450.00	31,657.50
Cemento	T	3.90	2,850.00	11,115.00
Arena	M <sup>3</sup>	19.14	450.00	8,613.00
Agua	M <sup>3</sup>	3.54	75.00	265.50
Drenes (PVC)	M	12.00	45.00	540.00
TOTAL				52,191.00

1/ En un viaje se considera el 5% de vacíos.

Fuente: SAGARPA, 2016.

**Costo de herramientas:**

Las herramientas con sus costos unitarios que se requieren para la construcción de un muro se detallan en el cuadro 18, a precios del año 2016. Estos pueden variar, pero, estas herramientas se puedan utilizar en varias obras.

**Cuadro 18.** Costo de herramientas.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Zapapicos	Pieza	2	169.50	339.00
Pala cuadrada	Pieza	2	135.00	270.00
Pala recta	Pieza	2	165.00	330.00
Carretilla	Pieza	2	975.00	1,950.00
Marro (10 libras)	Pieza	2	450.00	900.00
Marro (4 libras)	Pieza	2	225.00	450.00
Machete	Pieza	1	180.00	180.00
Cinta métrica (30 m)	Pieza	1	450.00	450.00
Flexómetro (7.5m)	Pieza	1	180.00	180.00
Cuchara de albañil	Pieza	2	180.00	360.00
Hilo (carrete)	Pieza	1	75.00	75.00
TOTAL				5,484.00

Fuente: SAGARPA, 2016.

**Costos de personal:**

Para la realización del muro de 4.00 de altura por 10.00m de longitud se estima un costo por personal de \$36,000.00.

Se requiere de 5 albañiles, con un sueldo de \$200 pesos al día por cada persona, y un arquitecto encargado de la obra (Cuadro 19).

**Cuadro 19.** Costo de personal.

PERSONAL	UNIDAD	COSTO UNITARIO POR DÍA (\$)	DÍAS DE TRABAJO	COSTO TOTAL (\$)
Albañiles	5	200	24	24,000.00
Ingeniero	1	500	24	12,000.00
TOTAL				36,000.00

Fuente: SAGARPA, 2016.

De manera que para realizar un muro de contención de 4 m de altura y 10 m de longitud tiene un costo total de \$93, 675.00 pesos, por lo que la construcción de 1 metro de longitud por 4 m de altura, tiene un costo de \$9,367.50 (Cuadro 20). La longitud total necesaria para mitigar el problema de inundaciones en la subcuenca es de 6.09 km, lo que corresponde a un monto total de \$57, 048,075.00 pesos para su construcción.

**Cuadro 20.** Costo total de un muro de 4.00 m de altura, y de 10.00 m de longitud.

CONCEPTO	COSTO
Herramienta	5,484.00
Material	52,191.00
Personal	36,000.00
TOTAL	93,675.00

La longitud de muro por Municipio dentro de la subcuenca se describe en el cuadro 21, se requiere esta actividad solo en 3 de los 6 poblados que integran la subcuenca, esto debido a que no todos los poblados se encuentran en mismo grado de riesgo por inundaciones, por lo que se la prioridad a las zonas más propensas a inundarse en cualquier evento de lluvias extraordinarias, dado que son las que se encuentran a orilla del río principal, y por tanto necesitan mejores medidas de control para prevenir los siniestros.

**Cuadro 21.** Costo de la construcción de muro de contención por municipio.

MUNICIPIO	DISTANCIA EN KM		TOTAL KM	TOTAL MTS	COSTO POR METRO	COSTO TOTAL
	ZONA URBANA	CULTIVOS				
San Juan Lachao Nuevo	1.13	0.1	1.23	1,230	9,367.50	11,522,025
Santos Reyes Nopala	1.91	0.6	2.51	2,510	9,367.50	23,512,425
San José Manialtepec	0.52	1.83	2.35	2,350	9,367.50	22,013,625
TOTAL			6.09	6,090		57,048,075

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

Al construir este muro de contención a lo largo del cauce principal de la subcuenca, se contribuirá a mitigar el daño ocasionado por las inundaciones en las zonas urbanas, que en el año 2014 ascendieron a \$ 45,810,344.00 pesos según la información obtenida en campo (Cuadro 10).

La vida útil de la obra es de años 30 aproximadamente según Plazola (1981), siempre y cuando se le brinde el mantenimiento adecuado para su conservación.

Debido a que la longitud de muro total a construir es de más de 6 km, se recomienda que cada municipio, inicie las labores de construcción por separado, para reducir el tiempo de construcción.

## **B) Cortinas rompevientos**

Los costos generados para implementar la obra de cortinas rompevientos son los siguientes (Cuadro 22).

**Cuadro 22.** Costo de herramientas.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Zapapicos	Pieza	4	169.50	678.00
Pala cuadrada	Pieza	4	135.00	540.00
Pala recta	Pieza	4	165.00	660.00
Barretas	Pieza	4	899.00	3,596.00
Machete	Pieza	4	180.00	720.00
<b>TOTAL</b>				<b>6,194.00</b>

Fuente: Elaboración propia

### **Costos de la planta:**

La longitud de la barrera rompevientos es la misma que la del muro de contención, que es de 6.09 km, considerando que la distancia entre árbol es de dos metros y que se establecerán 3 hileras, se necesitan 9,135 árboles, si cada árbol tiene un costo de \$100.00 pesos, entonces el costo total de la planta es de \$ 913,500.00 pesos.

### **Costo de transporte de la planta:**

El transporte de la planta del vivero al lugar de la reforestación debe hacerse con mucho cuidado para evitar daños al tallo, a la raíz y al mismo envase. Para prevenir posibles daños se recomienda tomar en cuenta estos cuidados:

- Considerar que las distancias del vivero al área de plantación sean cortas, evitando traslados mayores a 100 kilómetros.
  - Para el traslado de la planta se deberá elegir una hora determinada y velocidad adecuada para evitar que las plantas sean expuestas al sol y a corrientes de aire. Durante el traslado se deben evitar movimientos bruscos.
  - Transportar la cantidad óptima de planta por viaje de acuerdo con las características del vehículo de transporte, sin sobrecargarlo para evitar daños. Se debe proteger la carga con malla sombra encima de la estructura del camión.
  - No encimar las charolas, contenedores o huacales ni colocar objetos sobre las plantas.
  - La descarga se hará en un lugar plano, teniendo cuidado con los movimientos bruscos que pudieran originar pérdida de la tierra del cepellón.
  - Al hacer la distribución en el terreno se toman los contenedores por las orillas.
- Tomando en cuenta que el transporte se realice en camionetas de 3 toneladas, con una capacidad aproximada de 1500 plantas por camión tomando en cuenta el tamaño de los árboles, se requieren 6 camiones, con un costo por viaje de \$2,800.00 pesos cada uno, el costo total de transporte es de \$ 16,800.00 pesos considerando que el vivero encargado de proveer la planta se encuentra en Oaxaca, Oaxaca.

### **Costo de preparación del suelo:**

Esta actividad se debe realizar antes de la reforestación. El objetivo de la limpieza del terreno, deshierbe o chaponeo, es eliminar la maleza existente en el lugar donde se establecerá la planta para que no haya competencia por luz, agua y nutrientes. Con esto, además de preparar el sitio, se mejoran las condiciones del suelo para asegurar una mayor sobrevivencia y facilitar las labores de plantación.

Para la preparación del suelo se necesita el apoyo de jornaleros, mismos que cobran por día \$200 pesos y realizan actividades de deshierbe, avanzando 100 metros por una jornada de 8 horas al día, 6 días a la semana. Si la longitud total es de 6.09 km, y un jornalero avanza 100 m al día, se necesita de 60 jornales. Por lo tanto, el costo total de esta actividad es de \$12,000.00 pesos.

### **Costo de realizar la plantación:**

A la hora de plantar, por lo regular se utiliza el sistema de cepa común, que consiste en hacer una apertura de suelo de 40 centímetros de largo por 40 de ancho y 40 de profundidad, depositando a un lado de la cepa la tierra de los primeros 20 centímetros (que es la tierra más fértil) y, en el otro lado, la tierra de los 20 centímetros más profundos.

También al momento de la plantación hay que tener las siguientes consideraciones:

1. Previo a la plantación, se recomienda hacer una poda de raíz, si ésta es necesaria, recortar las puntas para evitar que se doblen y crezcan hacia arriba o en forma circular. Si se poda la raíz es necesario cortar un poco el follaje lateral para compensar la pérdida de raíces y evitar la deshidratación de la planta en tanto se arraiga en el terreno.
2. Se quita el envase sin dañar la raíz (retirar el envase de plástico de la planta).
3. Antes de colocar el árbol en la cepa, se agrega la tierra superficial (más fértil) para que la planta tenga mejor disposición de nutrientes.
4. Después de haber colocado la planta, se rellena con la tierra más profunda y se compacta la tierra de tal forma que no quede tan fuerte para permitir la aireación y drenaje en el suelo.
5. Se recomienda apisonar ligeramente el suelo para que no queden espacios de aire en la cepa y evitar la deshidratación de la raíz de la planta, ya que desde su extracción del vivero hasta la plantación está sujeta al estrés físico por el traslado.

Considerando que la realización de cada cepa junto con el trasplante se page a \$40 pesos (hechura de cepa \$20, trasplante \$20), se requieren 9,135 cepas, por lo tanto, esta actividad tiene un costo total de \$365,400.00 pesos.

Mano de obra para riego y mantenimiento de los primeros tres años, considerando que el personal será contratado por cada municipio, en San Juan Lachao se necesitan 2 personas de acuerdo a la superficie, en Santos Reyes Nopala y San José Manialtepec se solicitan 3 personas en cada uno.

Considerando que cada persona tendrá un sueldo de \$100 diarios, por 365 días al año, para garantizar su pleno establecimiento y apoyar la economía de la población. Por lo tanto, se necesitan 8 jornaleros diarios para mantenimiento, a \$100 pesos por jornal, por 365 días, genera un costo de \$292,000.00 pesos.

**Costo de mano de obra para trazado**

Para establecer la plantación de la barrera y de acuerdo con la longitud, que son 6.09 km, se necesitan 30 tiradas de trazado por cada línea, esto considerando que esta actividad se realiza con un carrete de hilo de 200 metros, lo que equivale a 5 carretes por km.

Se utilizarán estacas de 40 cm de alto para marcar el lugar de la cepa a una distancia de 2 metros entre cada una. Para realizar esta actividad se necesita de 3 personas (2 toman el hilo de los extremos y 1 va clavando las estacas cada dos metros), entonces se necesitan 9 jornadas en un periodo de 5 días (3 grupos de 3 personas por cada municipio), para terminar la marcación de una hilera de árboles, dado que el muro consta de 3 hileras, se necesitan 15 días, para trazar todo.

Esto equivale a 135 jornales, con un sueldo de \$100.00 pesos al día por persona, lo que genera un total de \$13,500.00 pesos, solo de mano de obra. El costo de los materiales son los siguientes (Cuadro 23):

**Cuadro 23.** Costo de material para trazado.

MATERIAL	UNIDADES	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Hilo	305	18	5,490.00
Estacas	9135	2	18,270.00
Flexómetro	3	180	540.00
TOTAL			24,300.00

Entonces tenemos un total por mano de obra para trazado y material del \$37,800.00 pesos.

### Costo total de la barrera:

Del total parcial de todas las actividades que se deben considerar en el establecimiento de la barrera, se debe tomar en cuenta un 10 por ciento del total para replantación de todos los árboles que mueran en un periodo de 3 años, para garantizar su supervivencia y obtener los resultados esperados. Este 10% equivale a \$164,369.40 pesos. El costo final de la barrera se describe a continuación (Cuadro 24):

**Cuadro 24.** Costo total de la barrera rompevientos propuesta.

CONCEPTO	CANTIDAD AD	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Herramientas	-	-	6,194.00
Planta	9,135	100.00	913,500.00
Traslado y descarga	6	2,800.00	16,800.00
Preparación del suelo	60	200.00	12,000.00
Ahoyado y Trasplante	9,135	40.00	365,400.00
Mantenimiento	2,920	100.00	292,000.00
Mano de obra y material para trazado	-	-	37,800.00
Replantación	-	-	163,750.00
TOTAL			1,801,250.00

Dependiendo de la región, la reforestación se debe realizar durante los dos primeros tercios de la temporada de lluvias cuando se utilice material procedente de vivero. Durante los tres primeros años de establecimiento es cuando los arbolitos requieren de mayor nivel de cuidados.

### C) Implementación de planes de manejo de evacuación

Este proyecto se le encargará a un despacho especializado en realizar estudios de contingencia para inundaciones, se estima que el costo total sea de \$1,000,000.00 de pesos. Incluyendo el plan de manejo de inundaciones, anuncios y señalamientos de rutas de evacuación.

#### **4.5 Costo total de los daños causados por inundaciones**

El costo total de los daños por inundaciones en la subcuenca de Manialtepec, es de \$ 45,810,344.00 pesos, es una cantidad muy importante, puesto que afecta el desarrollo de la población, impactando directamente en su bienestar, por lo que es necesario prevenir y mitigar el grado de daño que reciben cada año a causa de eventos hidrometeorológicos como los huracanes (Cuadro 10).

#### **Costo total de las medidas de prevención propuestas**

El costo total de las medidas de prevención de inundaciones, tiene un costo de \$59,849,322.00 millones de pesos (Cuadro 25).

**Cuadro 25.** Costo total de medidas de protección propuestas.

ACTIVIDAD	COSTO
Muros de contención	57,048,075.00
Cortinas rompevientos	1,801,250.00
Planes de evacuación	1,000,000.00
TOTAL	59,849,325.00

La inversión en estas obras es necesaria para asegurar la correcta construcción de las medidas de prevención propuestas.

#### **4.6 Cuantificación de la relación beneficio/costo**

De acuerdo con las estimaciones realizadas en esta investigación, se obtuvo una relación beneficio-costo de 0.76, la cual es menor a uno, considerando la ocurrencia de un siniestro durante los 30 años de vida útil de las obras de prevención (Cuadro 26).

**Cuadro 26.** Relación beneficio-costo del proyecto en un año.

Componentes	Monto
Beneficios	45,810,344.00
Costos	59,849,325.00
R. B/C	0.765427914

Sin embargo, estimar que solo ocurrirá un evento como Marie, es un escenario demasiado optimista. Una situación más realista es el pensar que durante los 30 años se presenten al menos tres siniestros semejantes al analizado.

Bajo la consideración de ocurrencia de tres huracanes de intensidad similar durante los 30 años, se tendría una relación beneficio-costo de 2.30 (Cuadro 27).

**Cuadro 27.** Relación beneficio-costo del proyecto en los próximos 30 años.

Componentes	Monto
Beneficios	137,431,032.00
Costos	59,849,325.00
R. B/C	2.30

Otra situación adicional a considerar es el hecho de que además de los tres siniestros estimados, año con año se presentan daños que sumados en el horizonte de los 30 años, podrían representar montos importantes de daños evitados, lo cual mejoraría sustancialmente la relación beneficio-costo aquí estimada.

También se excluyen las estimaciones relacionadas con los beneficios a los recursos naturales derivados de las barreras rompevientos, dentro de los cuales se encuentra la disminución en la pérdida de biodiversidad, disminución de pérdida de suelo y erosión, acumulación de sedimentos, entre otros; y la provisión de corredores biológicos y resguardo de especies de fauna nativa. Estos beneficios son difíciles de cuantificar monetariamente, debido a que no existe un mercado para estos conceptos, pero sin duda también incrementarían la relación beneficio-costo.

## **5 Conclusiones y recomendaciones**

De acuerdo con las estimaciones económicas realizadas, la relación beneficio-costos calculada de manera conservadora, permite afirmar que conviene la realización de las obras propuestas para la prevención de daños causados por huracanes.

A pesar de que el gobierno propone diversas estrategias en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 para proteger o incrementar la resiliencia de la población y áreas productivas en zonas de riesgo de inundación y/o sequía, es necesario proponer estrategias y obras físicas a nivel regional, para garantizar que dichas acciones cumplan con el objetivo principal de prevenir y proteger a la población, la infraestructura y los diferentes sectores productivos de cada región.

Adicional a la construcción de las obras de prevención que se proponen, se deben implementar estrategias tales como evitar los asentamientos humanos en zonas con riesgo de inundación y reubicar los ya existentes a zonas seguras, fortalecer los sistemas de alerta temprana y las acciones de prevención y mitigación en caso de emergencias por fenómenos hidrometeorológicos, fomentar la construcción de drenaje pluvial sustentable, realizar acciones de restauración hidrológica ambiental en cuencas hidrográficas prioritarias y establecer esquemas de corresponsabilidad con autoridades locales para conservar los márgenes de los ríos y cuerpos de agua ordenadas y limpias.

## 6 Literatura citada

- Arreguín-Cortés, F. I., Domínguez-Mora, R., & Luna-Cruz, F. (2014). Análisis de las inundaciones en la planicie Tabasqueña en el periodo 1995-2010. *Tecnología y Ciencias del agua*, 5(3), 5-32. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v5n3/v5n3a1.pdf>
- Baca, U. G. (2013). Evaluación de proyectos. En G. B. Urbina, *Evaluación de proyectos* (7 ed., pág. 371). México, D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA.
- Bedoya, V. H., & López-Lezama, J. M. (2015). Modelo para el control de inundaciones durante en fenómeno de la "niña", utilizando un embalse hidroeléctrico. *Información Tecnológica*, 26(2), 89-100. doi:10.4067/S0718-07642015000200011
- Bello, O., Ortiz, L., & Samaniego, J. (2014). La estimación de los efectos de los desastres en América Latina, 1972-2010. *CEPAL-Serie Medio Ambiente y Desarrollo*, 157, 1-45. Obtenido de [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37104/1/S2014127\\_es.pdf](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37104/1/S2014127_es.pdf)
- Bitrán, B. D. (2001). Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el periodo 1980-99. *Serie. Impacto socioeconómico de los desastres en México*, 107. Obtenido de <http://www.cenapred.mx/es/DocumentosPublicos/PDF/SerieImpacto/Impacto1.pdf>
- CENAPRED. (2005). *Centro Nacional de Prevención de Desastres*. Recuperado el 28 de 11 de 2016, de Evaluación de los desastres naturales en México en el 2005: <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/0/27710/L751-3.pdf>
- CEPAL. (2005). *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*. Recuperado el 23 de 11 de 2016, de CEPAL.
- CMC. (8 de octubre de 2013). Impulsa SEDESOL empleo y reactivación económica en municipios oaxaqueños afectados por lluvias: Lastrí. *Corporativo de medios de comunicación*. Obtenido de <http://www.cmcprensamerica.com/2013/10/08/impulsa-sedesol-empleo-y-reactivacion-economica-en-municipios-oaxaqueños-afectados-por-lluvias-lastiri/>

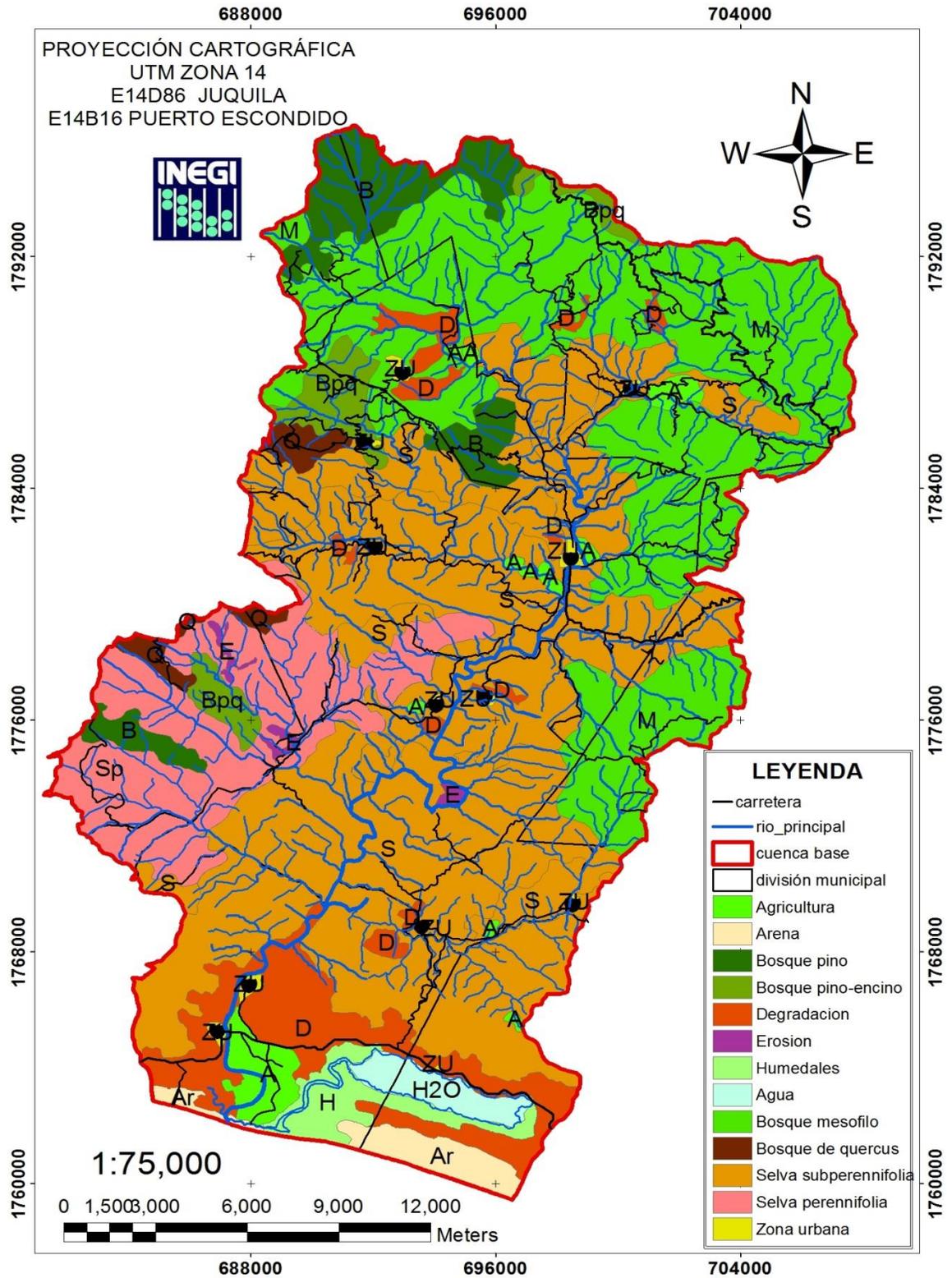
- COLPOS. (2016). *Colegio de Postgraduados*. Recuperado el 20 de 11 de 2016, de Manual para cortinas rompevientos: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Cortinas%20rompevientos.pdf>
- CONAGUA. (2011). *Comisión Nacional del Agua*. Recuperado el 25 de 11 de 2016, de Manual para el control de inundaciones: <http://cenca.imta.mx/pdf/manual-para-el-control-de-inundaciones.pdf>.
- DOF. (9 de octubre de 2013). *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado el 22 de noviembre de 2016, de [http://diariooficial.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5317443&fecha=09/10/2013](http://diariooficial.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5317443&fecha=09/10/2013).
- DOF. (2015). *Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión*. Recuperado el 07 de 01 de 2017, de Ley Federal del Trabajo: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/125\\_120615.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/125_120615.pdf)
- Fértil, T. (10 de 12 de 2016). *¿Cuánto cuesta reforestar una hectárea?* Obtenido de <http://www.tierrafertil.com.mx/cuanto-cuesta-reforestar-una-hectarea/>
- Field, C., Barros, V., Stocker, T., & Dale, Q. (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* Cambridge University Press, Cambridge, UK. 50-62.
- Flores, D. (14 de noviembre de 2013). Tormenta "Manuel" y el huracán "Ingrid" provocan estragos en varios estados del país; se establece un Comité Nacional de Emergencias. *Cronica Oaxaca*. Obtenido de <http://www.cronicaoaxaca.info/entrevistas/reportajes/35339-tormenta-qmanuelq-y-el-huracan-qingridq-provocan-estragos-en-varios-estados-del-pais-se-establece-un-comite-nacional-de-emergencias.html>.
- García, E. (1981). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen* (3ra ed.). México, D.F.: Limusa.
- Gobierno de la República. (2014). *Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018*. Recuperado el 05 de 12 de 2016, de <http://files.conagua.gob.mx/transparencia/PNH2014-2018.pdf>
- Gutiérrez, M., & García, R. (10 de octubre de 1977). 121 muertos por Paulina en Oaxaca y Guerrero. *La jornada*, pág. 5. Obtenido de <http://www.jornada.unam.mx/1997/10/10/paulina.html>

- INAFED. (19 de 12 de 2016). *Instituto Nacional Para el Federalismo y el Desarrollo Municipal*. Obtenido de Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México: San Juan Lachao, Santos Reyes Nopala y Villa de Tututepec de Melchor Ocampo.: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM20oaxaca/municipios/20526a.html>
- INEGI. (19 de 12 de 2016). *Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática*. Obtenido de Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: San Juan Lachao (20202), Santos Reyes Nopala (20526); Villa de Tututepec de Melchor Ocampo (20334).: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/20/20526.pdf>.
- Minville, M., Brissette, F., Asce, & Leconte, R. (2010). Impacts and Uncertainty of Climate Change on Water Resource Management of the Peribonka River System (Canada). *Journal of Water Resources Planning and Management*, 136(3), 376-385. doi:10.1061/?ASCE?WR.1943-5452.0000041
- Montalvo, L. (17 de septiembre de 2013). Las afectaciones por "Ingrid" y "Manuel" en los estados. *Animal político*. Obtenido de <http://www.animalpolitico.com/2013/09/mexico-territorio-de-ingrid-y-manuel/#axzz2kTZz0I7Z>
- Pérez, J., & Vélez, O. (17 de Junio de 2012). Daños en casas, carreteras y redes eléctricas deja Carlota en Oaxaca. *La jornada*, págs. 31-31. Obtenido de <http://www.jornada.unam.mx/2012/06/17/estados/031n1est>
- Pérez, R. (19 de junio de 2012). Daño Carlota 11,500 viviendas en Oaxaca. *La jornada*, págs. 35-35. Obtenido de <http://www.jornada.unam.mx/2012/06/19/estados/035n1est>
- Plazola, A. C., & Plazola, A. A. (1981). *Normas y costos de construcción*. México, D.F.: Limusa.
- Rodríguez, O. (24 de agosto de 2014). Daños en 10 municipios de Oaxaca por huracán "María". *Grupo Milenio*, págs. 1-3. Obtenido de [http://www.milenio.com/daños-oaxaca-maria\\_0\\_5475247.html](http://www.milenio.com/daños-oaxaca-maria_0_5475247.html)
- Román, J. (22 de junio de 2012). Anuncia Calderón \$20 mil millones para daños por Carlota en Oaxaca. *La jornada*, págs. 35-35.

- Rzedowski, J. (1988). *Vegetación de México*. México, D.F: Limusa.
- SAGARPA. (2016). *Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca*. Obtenido de Manual de cortinas rompevientos: [http://www.slideshare.net/demetriofernandez313/cortinas-rompevientos-59547216?from\\_action=save](http://www.slideshare.net/demetriofernandez313/cortinas-rompevientos-59547216?from_action=save)
- SAGARPA. (2016). *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación*. Obtenido de Muros de contención: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Muros%20de%20contenci%C3%B3n.pdf>.
- SEDESOL. (8 de noviembre de 2016). *Secretaría de desarrollo social*. Obtenido de <http://prog.empleotemporal/LocdeMun.aspx>
- SEMARNAT. (2011). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. Obtenido de Manual para el control de inundaciones: Comisión Nacional del agua.
- SIAP. (20 de 12 de 2016). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. Obtenido de Avances de siembras y cosechas. Resumen por Estado: [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/ResumenProducto.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do)
- SNIIM. (2016). *Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados*. Obtenido de Precios de granos y semillas: <http://www.economia-sniim.gob.mx/2010prueba/PreciosHoy.asp?prodC=19605>
- Solís, J. (8 de agosto de 2012). Ernersto llega a QR convertido en huracán; emiten alerta roja. *La jornada*, págs. 31-31. Obtenido de <http://www.jornada.unam.mx/2012/08/08/estados/031n1est>. (8/11/2012).
- Vargas, R. (11 de octubre de 1997). Huracán paulina. *La jornada*, pág. 4. Obtenido de <http://www.jornada.unam.mx/1997/10/10/paulina.html>
- Vélez, O. (16 de Junio de 2012). Carlota impacta litorales de Oaxaca, dos muertos y 18 desaparecidos. *La jornada*, págs. 30-31. Obtenido de <http://www.jornada.unam.mx/2012/06/16/estados/030n1est>

## 7 Anexos

### Anexo 1. Mapa de uso actual del suelo de la subcuenca de Manialtepec.



**Anexo 2. Mapa de la red hidrográfica de la subcuenca de Manialtepec.**

