

## **Manejo forestal para el control de inundaciones en la subcuenca de Manialtepec, Oaxaca**

LÓPEZ-CAMACHO, Maribel

M. López

Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales.  
mar\_caloz3@hotmail.com

D. Sepúlveda, R. Salazar, F. Pérez y J. Rocha (eds.) Ciencias Químicas y Matemáticas-©ECORFAN, Texcoco de Mora-México, 2015.

## 9 Introducción

Uno de los aspectos más relevantes de la conservación de suelos forestales es la restauración de arroyos, la estabilización de sus riberas y bosques fluviales. Los aprovechamientos forestales, las obras de derivación, la captación excesiva de caudales hídricos, e incluso la tala de árboles ripícolas como el ahuehuate (*Taxodium mucronatum*) y la extracción excesiva de carrizos, alteran la dinámica fluvial y destruyen la estructura de las orillas, incrementándose con esto la sedimentación en presas, tomas y en canales de la infraestructura de riego, presentándose además inundaciones (Sánchez, 2003).

En este contexto, se debe indicar que la restauración hidrológico forestal ha representado la ejecución de prácticas mecánicas o vegetativas para la formación de suelos donde estos han desaparecido por la erosión, además de la reforestación, la pastización, la inducción de sistemas agrosilvopastoriles, la estabilización de riberas y causes, la promoción de una agricultura conservacionista construyendo terrazas y barreras rompevientos entre otras técnicas.

Por otra parte, además de los problemas naturales que se han presentado desde hace tiempo, tenemos el efecto del cambio climático, el cual está afectando el régimen de precipitación presente en nuestro país, pues mientras en el sur se presentan huracanes, lluvias excesivas e inundaciones; en el norte se tienen sequías extremas y escases de alimentos. El primer caso es el origen de esta investigación, pues los huracanes afectan año tras año a esta subcuenca, causando problemas de índole social, económico y ecológico.

Por lo anterior, este trabajo plantea propuestas para mitigar el efecto negativo que han causado los huracanes en los bosques de la Sierra de Oaxaca, particularmente en la subcuenca del Río Manialtepec. Si bien es cierto que no se puede controlar las inclemencias del tiempo, si es factible implementar obras para contrarrestar los daños de estos desastres naturales y de este modo contribuir en el cuidado del patrimonio y conservación de nuestros recursos naturales en particular de las comunidades Chatinas de Nopala, Cuixtla, Lachao, Tiltepec, Manialtepec y otros pequeños pueblos contenidos en su parteaguas.

### 9.1 Objetivos e hipótesis

General. Elaborar una propuesta de manejo forestal que coadyuve a mitigar los efectos de las inundaciones ocasionadas por lluvias torrenciales y huracanes en la subcuenca de Manialtepec.

Particulares. Realizar una valoración económica y ambiental de los daños ocasionados por inundaciones en la subcuenca.

Realizar un balance hídrico para evaluar el comportamiento de la humedad y proponer estrategias de control para prevenir inundaciones provocadas por agentes climáticos.

### 9.2 Hipótesis

H1. Los huracanes ocasionan desastres naturales de gran impacto en el territorio donde tocan debido a la destrucción de la cobertura vegetal.

H2. Es posible implementar estrategias de control en el efecto de huracanes y algunas medidas preventivas para cambio climático.

### 9.3 Materiales y Métodos

Para cumplir los objetivos de la presente investigación, la metodología utilizada se fundamentó en tres etapas: primera fase de gabinete, fase de campo y segunda etapa de gabinete.

Primera fase de gabinete. Consistió básicamente en la revisión de literatura, en la cual se recopiló toda la información bibliográfica de nuestra zona de estudio para la elaboración de este documento, mencionando conceptos básicos como: cuenca hidrográfica, ordenamiento territorial, balance hídrico, cambio climático, huracanes, obras de conservación de suelo y agua etc. También se delimito el partaguas de la subcuenca de San José Manialtepec así como la red de drenaje mediante el uso de las cartas topográficas.

Fase de campo. Se realizó un recorrido por los límites de la subcuenca y los ríos principales, tomando muestras de tipo de vegetación, fotografías, puntos de interés con el GPS y realizando un análisis de la problemática que presenta en cada poblado por donde pasa el río principal.

Se realizó otro recorrido desde la parte alta donde empiezan el “río oriente” y “río san Isidro” en el Municipio de San Juan Lachao Nuevo, pasando por el municipio de Santos Reyes Nopala donde el río “la neblina” se une al “río maíz”, siguiendo aguas abajo por el “río Manialtepec” hasta la parte baja donde desemboca a la laguna de Manialtepec y finalmente al mar, para observar los daños ocasionados por el paso de los huracanes dentro la subcuenca.

Finalmente se realizaron entrevistas breves a los pobladores y productores para estimar el daño que ocasionaron estos fenómenos meteorológicos.

Segunda fase de gabinete. En esta parte se analizó toda la información recopilada en la fase de campo, se elaboraron los mapas temáticos de la subcuenca, se calcularon los parámetros morfométricos y finalmente se realizó el cálculo del balance hídrico. La delimitación y caracterización del área de estudio se determinó mediante el uso de las cartas topográficas de INEGI con las claves: E14D86 Santa Catarina Juquila y D14B16 Puerto Escondido; escala 1:50 000. Posteriormente se utilizaron las cartas edafológicas, tipo de uso de suelo y climáticas. Del mismo modo se utilizaron las ortofotos correspondientes a las cartas topográficas y los modelos de elevación digital (MDE) proporcionados por INEGI así como el uso de los programas Arc View 3.1, Arc Gis 10 y Google Earth.

Para la medición de variables morfométricas de la subcuenca se obtuvo el valor de cada uno de los parámetros establecidos (área de la cuenca, perímetro, longitud del cauce principal, densidad de corrientes, densidad de drenaje, pendiente del cauce principal, pendiente ponderada, factor de forma, índice de forma, relación elongación, relación de forma, índice de compacidad y altura media de la cuenca), los cuales son fundamentales en el manejo de cuencas y para el propósito de esta investigación, ya que nos ayuda a comprender el flujo hidrológico superficial que se relaciona con variables físicas del área de estudio y nos ayuda a proponer una solución a los problemas establecidos dentro de la cuenca para sugerir un buen manejo de los recursos naturales que ahí se encuentran. Para el balance hídrico se utilizó la siguiente fórmula de acuerdo con Lee (1989) y Chanf (2003) citado por Velasco (2012), la cual se expresa de la siguiente manera:

$$Bh=P-(Int+Ev+E+Inf+As)$$

(1)

Donde: Bh= Balance hídrico; P= Precipitación total de la subcuenca (m<sup>3</sup>/año); Int= Intercepción por la cobertura vegetal (m<sup>3</sup>/año); TR= Evapotranspiración real (m<sup>3</sup>/año); Es= Esguerrimiento superficial (m<sup>3</sup>/año); Inf= Infiltración (mm/hr ó día) y As= Agua suspendida o agua higroscópica (m<sup>3</sup>/año).

Factores físicos y sociales que deterioran la subcuenca: Mediante el recorrido en campo por el parteaguas de la cuenca se observaron e identificaron diversos factores físicos y sociales que deterioran la subcuenca, por lo que se procedió a obtener evidencia fotográfica de esto acontecimientos.

#### **9.4 Resultados y Discusión**

En este apartado se presenta la información recabada durante el desarrollo de la investigación dentro de la subcuenca de Manialtepec, se realiza el análisis de los datos y se desarrollan las variables de interés propuestos para cumplir los objetivos de este tema de investigación. Finalmente se analizan los resultados para poder proponer acciones específicas para la conservación de los recursos naturales, el control de inundaciones y prevención de huracanes dentro de la subcuenca culminando con la propuesta de ordenamiento territorial.

Los tipos de uso de suelo dentro de la subcuenca obtenidos fueron los siguientes: selva subcaducifolia representa el 41.73% de la superficie total de la subcuenca y por tanto el mayor territorio, el bosque mesófilo de montaña representa el 26.02%, la selva perennifolia representa el 9.89%, las zonas deforestadas representan el 7.02%, el bosque de pino representa el 4.68%, el bosque de pino-encino representa el 2.48% la agricultura representa el 1.83%, los humedales representan el 1.73%, las playas representan el 1.49%, los cuerpos de agua representan el 1.13%, el bosque de encino representa el 1.13%, las zonas urbanas representan el 0.55% y finalmente las zonas erosionadas con el menor porcentaje representan el 0.32% en un área total de 55,241.41 ha.

Las variables morfométricas fueron calculadas implícitamente junto con el desarrollo de las formulas establecidas dentro de la metodología para calcular cada uno de los parámetros considerados, consultando algunas fórmulas de Orosco (2003). Por lo que solo se presenta el cuadro de resultados obtenidos.

**Tabla 9** Parámetros morfométricos de la subcuenca de Manialtepec

Parámetros	Valor o Índice
Área de la cuenca	55,241.41 ha ó 552.41 km <sup>2</sup>
Perímetro	135.3 km
Longitud del cauce principal	42.52 km
Densidad de corrientes	0.008
Densidad de drenaje	1.63
Pendiente del cauce principal	1.80%
Pendiente ponderada de la cuenca	30 %
Factor de Forma	0.56
Índice de forma	0.42
Relación de elongación	1.18
Relación de forma	0.38
Índice de compacidad	1.61
Altura media de la cuenca	807 msnm

Fuente: Elaboración propia con ayuda del programa Arc Gis

Los datos obtenidos indican que la subcuenca corresponde a una forma oval oblonga a rectangular oblonga, por lo que la concentración de los escurrimientos será y en un corto periodo de tiempo. De tal manera que cuando se presente una precipitación y de corta duración provocará un incremento considerable en los afluentes, lo cual en ocasiones provoca problemas de inundaciones en las poblaciones bajas de la subcuenca debido a las altas concentraciones de agua en un corto periodo de tiempo directo a los afluentes, esta condición de inundación se verá más afectada si las lluvias son ocasionadas por tormentas tropicales o huracanes.

Cálculo del balance hídrico: Derivado de la obtención de cada uno de los componentes, este es la base de la distribución del recurso hídrico en la subcuenca y a partir del cual se puede tomar decisiones para el manejo de los recursos naturales, considerando como punto de partida el activo hídrico disponible.

**Tabla 9.1** Parámetros del Balance hídrico de la subcuenca de Manialtepec

Parámetros del Balance Hídrico	Cantidad en m <sup>3</sup> /año	Cantidad en %/año
Precipitación (P)	823,097,009.00	100
Intercepción (Int)	96,603,693.26	12
Infiltración (Inf)	71,274,344.63	9
Evapotranspiración (Ev)	353,931,713.87	43
Escurrecimiento superficial (Es)	296,314,923.24	36
Agua suspendida (As)	411,548.50	0
Recarga subterránea (Rs)	4,560,785.49	1

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en campo

La representación gráfica de la tabla 9.1, indica que el agua disponible que puede ser aprovechada es de 4, 560, 785.49 m<sup>3</sup> al año lo cual representa el 1%, sin embargo el escurrimiento superficial es de 296, 314, 923.24 m<sup>3</sup> al año lo cual representa el 36 %, con base en este resultado se puede deducir que las probabilidades de inundaciones en las partes bajas de la cuenca es elevado, pues toda el agua que no es aprovechada escurre y sigue su cauce natural hacia el mar llevando grandes cantidades de agua de manera intempestiva.

Propuesta de ordenamiento territorial para la mitigación de los efectos de los huracanes: Con base en la problemática presente dentro de la subcuenca de Manialtepec presentados en esta investigación, se proponen diversas actividades necesarias para mitigar de cierta forma los detonantes de estos problemas, los cuales son de diversa índole, por lo que se plantean propuestas en el sector forestal, ambiental y social.

De manera tal que para mejorar una cuenca es fundamental el ordenamiento ecológico del territorio, es necesario establecer actividades y proyectos rentables desde el punto de vista económico, sustentables ambientalmente y socialmente de manera justa y equitativa.

Restauración de los bosques de galería o bosques fluviales El ordenamiento considera al agua como el elemento integrador del análisis socioeconómico y eje central para la toma de decisiones; no como elemento aislado, sino integrado a los ecosistemas y es una fase inicial para su manejo, con esto se busca conservar el mayor volumen de agua donde se encuentran los almacenamientos naturales más eficientes y económicos como lo son las vertientes altas que están densamente cubiertas de vegetación (Sánchez, 2003).

Por consiguiente las propuestas de ordenamiento territorial son las siguientes:

1. Pago por servicios ambientales y educación ambiental
2. Sistemas agroforestales
3. Restauración
4. Restauración de los bosques de galería o bosques fluviales
5. Reintroducción de plantas acuáticas
6. Restauración de humedales
7. Obras de conservación de suelos y agua
8. Prácticas para el control de escurrimiento superficial
9. Prácticas de conservación de suelo.

**Tabla 9.2** Acciones para la restauración hidrológico-forestal

Acciones en sus vertientes	Acciones en los lechos y riberas de cauces
Prácticas de formación de suelos.	Obras de control de azolves
Diseminación de semillas de especies pioneras	Diques vivos
Suavización de taludes (cambio de pendiente)	Presas de piedra acomodada, block, murillos.
Pastización con especies de hábitos cespitosos	Diques curvos de Tierra, gaviones.
Repoblamiento forestal multiespecífico	Estabilización de rápidos
Reforestación con especies Nativas	Fijación de riberas con piedras
Agricultura ecológica	Empedrado de pasos del ganado
Sistemas Agrosilvopastoriles	Reforzamiento de recodos (zonas de desgaste)
Surcado en contorno	Reintroducción de plantas acuáticas
Zanjas de ladera	Pastización y revestimiento de canales
Construcción de cunetas en caminos	Reposición de bóvedas riparias
Construcción de terrazas	Saneamiento (extracción de basura)

Fuente: Sánchez (2005)

## 9.5 Conclusiones

Con base en los cálculos realizados en esta investigación, la subcuenca de Manialtepec cuenta con una superficie de 55,241.41 ha, de las cuales 18,952.66 ha son de Bosque de coníferas que es el 34.31 y 29,516.77 ha corresponden a selva media subperennifolia que es el 51.62%, por lo que las oportunidades para obtener ingresos por PSA son altas, debido a la gran cobertura vegetal que tiene esta subcuenca. El perímetro es de 135.3 km con una pendiente ponderada de 30% y un índice de compacidad 1.61, lo cual indica que la subcuenca corresponde a una forma oval oblonga a rectangular, por lo que la concentración de los escurrimientos será rápida y en un periodo corto debido al tamaño y forma que presenta hacia la parte baja de ésta.

En cuanto al balance hídrico realizado se tiene que del total de agua precipitada se puede utilizar 4, 560,785.49 m<sup>3</sup> al año como recarga subterránea, el escurrimiento superficial corresponde a 296, 314,923.2 m<sup>3</sup> al año que representa el 36%.

El daño estimado por la presencia del huracán Paulina en 1997 fue de \$80,000 millones de pesos aproximadamente en las costas de Oaxaca y Guerrero y más de 300,000 personas que quedaron sin hogar. En cuanto a la valoración ambiental no hay cifras estimadas, pues es difícil calcularlo y la mayoría de los daños que se toman en cuenta para la valoración económica son de infraestructura.

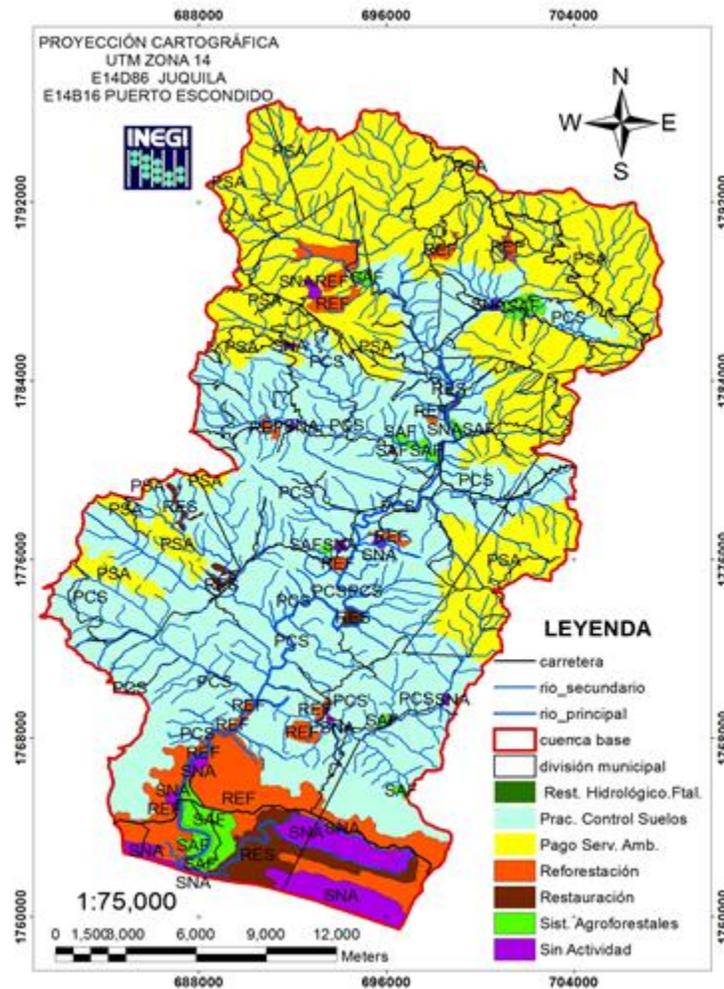
Los sistemas de pago por servicios ambientales hidrológicos no ha despertado el interés esperado a los propietarios de los bosques, pero en un futuro el propósito de los PSH no será solo por la

producción de agua, también será para la protección contra inundaciones en muchos lugares, partiendo del hecho de que el manejo forestal determina en gran medida la existencia de los arroyos, por lo que es urgente establecer medidas de prevención, conservación, restauración y manejo de sitios con alta vulnerabilidad, como son los recodos, áreas de inundación y taludes de cauces. También es necesario ordenar las partes altas de la subcuenca en las vertientes de recepción de la lluvia, estableciendo una cobertura vegetal densa para incrementar la interceptación y propiciando que cuando el agua llegue al suelo se infiltre y recargue los acuíferos profundos.

## 9.6 Recomendaciones

Se recomienda utilizar la tecnología más barata y disponible, utilizando preferentemente materiales locales. Se deben analizar: la época más apropiada, para realizar los trabajos, la accesibilidad, la disponibilidad de mano de obra, la capacitación, etc., para realizar de manera óptima y eficiente las obras de conservación de suelo y agua.

**Figura 9** Mapa de ordenamiento territorial de la subcuenca de Manialtepec



## 9.7 Referencias

OROSCO P. Valoración económica preliminar de servicios hidrográficos en la cuenca alta del río Zahuapan, Tlaxco, Tlaxcala. Tesis de Licenciatura. Chapingo, México. 2003. 50-59 pp.

SANCHEZ V. A. et al. La cuenca hidrográfica: unidad básica de planeación y manejo de recursos naturales. Chapingo, Méx. 2003. 47 pp.

SÁNCHEZ V., A. et al. Restauración ecológica y conservación de la biodiversidad; retos y oportunidades. En: Uso de los recursos naturales y medio ambiente. Aguilar S., G. Chapingo, DGIP. 2005. 291-317 pp.

VELASCO S. Gestión integral de los servicios ecosistémicos de la microcuenca del río San Juan, Tlazoyaltepec, Oax. Tesis de Licenciatura. Chapingo, México. Ingeniero Forestal. UACH. 2012. 102 - 119 pp.