



## **RESCATE DE MÁS DE 800 HAS DE RIEGO CON PROBLEMAS DE INUNDACIÓN; MEDIANTE ACCIONES DE PROTECCIÓN Y CONTROL DE VERTIENTES PARA LA REGULACIÓN, APROVECHAMIENTO DEL AGUA Y RETENCIÓN DE SUELO**

**Francisco García Herrera<sup>1\*</sup>; Gerardo Avalos Cacho<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Irrigación. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. C.P. 56230.

fragarhe@gmail.com – 595 95 21649 (\*Autor de correspondencia)

<sup>2</sup> CRUAN. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. C.P. 56230.

### **Resumen**

El Ejido de Benito Juárez, Tlaxcala; se ha caracterizado por ser un lugar agrícola, en donde se tienen precipitaciones altas; la topografía de la zona, el tipo de suelo del lugar y la deforestación que presenta, propician que las corrientes provenientes de las parte altas, adquieran velocidades superiores a los rangos no erosivos, generando que se infiltre muy poca cantidad de agua al subsuelo y en consecuencia se tenga una alto grado de erosión hídrica. Según antecedentes, en los últimos años el acarreo de sedimentos de la parte alta del ejido ha sido mayor, causando efectos secundarios como el rápido azolvamiento de los cuerpos de agua (jagüeyes existentes) y de las redes de drenaje; así como, el desbordamiento de los mismos; inundando las parcelas cercanas al dren de conducción en las partes bajas, provocando la pérdida parcial y en ocasiones la pérdida total de los cultivos previamente establecidos en poco más de 2000 has, en las cuales se cultiva maíz, avena forrajera y trigo; por lo cual, se ha decrementado la productividad del Ejido Benito Juárez y la economía de éste se ha visto afectada, ya que depende principalmente de la agricultura, ganadería y el comercio. El presente Proyecto de Vinculación Universitaria tuvo como objetivo principal atender la problemática descrita anteriormente y proporcionar un beneficio directo hacia sus habitantes; a través de acciones reforestación, protección y control de las vertientes de las partes altas para la retención de suelo y agua.

**Palabras claves:** Erosión, Conservación, Vinculación



## Introducción

En los enfoques de manejo sustentable de los recursos naturales, se debe de reconocer a las Cuencas Hidrográficas como unidades fundamentales para la planificación y administración del recurso hídrico. El manejo de cuencas hidrográficas se define como el conjunto de acciones integradas, orientadas y coordinadas sobre los elementos variables del medio físico, tendientes a regular su funcionamiento, con el propósito de utilizar, conservar en forma sostenida y elevar la calidad de vida de la población inserta en ella. Por lo tanto, manejo de cuencas significa actuar en forma coordinada con los recursos naturales principales (agua, suelo y bosque) con el fin de recuperarlos, protegerlos y en general conservarlos, así como, ejercer un control en cantidad, calidad y tiempo.

El manejo de cuencas, subcuencas y microcuencas hidrográficas es una actividad que considera gran parte de los elementos presentes en un sistema hidrográfico, posibilitando a través del trabajo interdisciplinario, la consolidación de iniciativas que permitan aprovechar y proteger los recursos naturales existentes para obtener una producción óptima y sostenida; involucra por lo tanto muchas disciplinas biológicas, técnicas y sociales y muchos organismos de distintos sectores institucionales. Por ello, sólo es posible alcanzar resultados efectivos si se consideran aspectos básicos de planificación, organización, coordinación y participación.

-En este sentido, se puede abordar aspectos importantes de la calidad de vida y, por ende, del desarrollo regional. Puede hacer un aporte sustantivo en forma directa a aspectos como la alimentación y nutrición, sanidad ambiental, sostenibilidad y productividad de los principales sistemas (agrícola, pecuario y forestal), criterios de uso y toma de decisiones de los recursos naturales, estabilidad ecológica ambiental, estética ambiental, embellecimiento del paisaje, participación de la comunidad y de recreación.

Su manejo tiene como objetivo fundamental la protección, conservación y desarrollo de los recursos agua-tierra-vegetación, en toda su extensión. Todo ello a través del manejo de las tierras y manipulaciones de la vegetación, suelos, topografía y población animal. Tiene que ver con todas las tierras dentro de sus límites y no solo con las actuales cultivadas. Sin embargo, en el ámbito de cuencas, las tierras agrícolas son las que generalmente tienen mayores efectos sobre las alteraciones en la hidrología y procesos relacionados con la erosión. Por ello debe ponerse especial atención a las zonas agrícolas, las cuales son además la fuente de trabajo de gran parte de la población rural y de alimentos para la población en general.

En los últimos años el proceso productivo del sector agropecuario ha impactado en los recursos naturales, poco se ha trastocado su presencia como participante en el proceso de degradación de las cuencas. Otro factor que no se ha evaluado su impacto, es el desarrollo urbano y rural, que ha ido con un crecimiento fuerte en las zonas agrícolas principalmente y zonas de alto riesgo.



De todo lo anterior en las cuencas, subcuencas y microcuencas se necesitan diversas acciones, pero todas tienen que estar encaminadas en un mismo sentido para lograr una correcta administración, planeación y gestión de los recursos hídricos y sus bienes públicos inherentes, para su mejora y preservación, que asegure la sustentabilidad de los recursos para las futuras generaciones.

Con base en el marco anterior, para el presente ejercicio 2016, la Universidad Autónoma Chapingo, consideró la realización de prácticas y acciones en la parte alta y media del oriente de la cuenca del Valle de México, mediante el establecimiento de prácticas de conservación de agua y suelo en cauces, e implementación de infraestructura de protección, control y cruce en el Dren Principal de la Comunidad de Benito Juárez, Tlaxcala; dando prioridad a otra microcuenca que registre altos índices de degradación; encomendándole a profesores de la Universidad Autónoma Chapingo a través del Departamento de Irrigación y la Unidad de Centros regionales el Proyecto Especial de Extensión y Vinculación Universitaria (PEEVU-IRRI50) denominado “RESCATE DE MÁS DE 800 HAS DE RIEGO CON PROBLEMAS DE INUNDACIÓN; MEDIANTE ACCIONES DE PROTECCIÓN Y CONTROL DE VERTIENTES PARA LA REGULACIÓN, APROVECHAMIENTO DEL AGUA Y RETENCIÓN DE SUELO”.

En este marco se proyectaron y construyeron 10 obras CONAS en la subcuenca Benito Juárez-Santorum, microcuenca “La Barranca” y se implementaron obras de protección y control del Dren Principal del Ejido de Benito Juárez

## **Objetivos**

- 1) Impulsar acciones que contribuyan con la recuperación, conservación y manejo sustentable de los recursos suelo y agua utilizados en la producción primaria, mediante presas filtrantes.
- 2) Rehabilitación de algunos tramos del Dren Principal del Ejido de Benito Juárez; en beneficio de la demanda del agua para la producción primaria; que permitan complementar el manejo integral de la microcuenca.
- 3) Construcción de algunas estructuras de las obras hidráulicas existentes en el ejido como puentes, vados, vertedor del jagüey; para mejorar la eficiencia y control en la conducción del agua de las partes altas a las partes bajas de la región.
- 4) Frenar los efectos del cambio climático y la erosión hídrica, a través de zonas de reforestación, en las partes altas de la microcuenca.

## **Materiales y métodos**

### ***Ubicación del proyecto***

El proyecto se realizó en el poblado Benito Juárez, del Estado de Tlaxcala, ubicado entre las siguientes coordenadas: ( $X_{UTM}$  mínima: 562,055.751,  $Y_{UTM}$  mínima: 2,161,924.702) y ( $X_{UTM}$  máxima: 566,179.706,  $Y_{UTM}$  máxima: 2,169,205.135).

El municipio de Benito Juárez, está ubicado en el Altiplano central mexicano a 2,530 metros sobre el nivel del mar, se sitúa en un eje de coordenadas geográficas entre los 19 grados 35 minutos latitud norte y 98 grados 26 minutos longitud oeste. Este municipio de reciente creación se localiza al norte del estado, colinda al norte con el estado de Puebla, al sur colinda con el municipio de Sanctorum de Lázaro Cárdenas, al oriente con el municipio de Tlaxco y al poniente con el municipio de Sanctorum de Lázaro Cárdenas.



**Figura 1.** Localización del proyecto

Las acciones realizadas se aplicaron al sector rural al grupo de ejidatarios de la Comunidad de Benito, Juárez, Tlaxcala. Los beneficiarios directos fueron 300 ejidatarios y/o productores de la Comunidad de Benito Juárez, sin embargo el impacto indirecto se extiende hacia las familias de la población; beneficiando a 2500 habitantes.

Las acciones realizadas se llevaron a cabo de la siguiente manera:

#### 1.- DIFUSIÓN Y PROMOCIÓN DE LAS ACCIONES REALIZADAS

- ✓ Recorridos para definir las soluciones al problema de inundación



- ✓ Promoción del Programa

## 2.- DEFINICIÓN DEL AREÁ DE TRABAJO

- ✓ Definición de la microcuenca de trabajo
- ✓ Ubicación del área de proyecto
- ✓ Elaboración de un Plan de Intervención
- ✓ Selección y Levantamiento topográfico del cauce en la microcuenca
- ✓ Recorridos de campo y definición del cauce a intervenir
- ✓ Levantamiento Topográfico del cauce y jagüey de la parte alta
- ✓ Levantamiento Topográfico del dren principal
- ✓ Levantamiento Topográfico del jagüey de la parte baja
- ✓ Definición, diseño y cálculo estructural de las obras filtrantes y de retención de azolves (Presas de Llantas de Desecho, Presas de Piedra acomodada, Presas de Gaviones)
- ✓ Elaboración de planos y memoria de cálculo.

## 3.- IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE AGUA Y SUELO, SOBRE EL CAUCE “LA BARRANCA” Y EN LADERAS.

## 4.- REHABILITACIÓN DEL DREN PRINCIPAL Y DREN NORTE

## 5.- DESAZOLVE Y SOBREELEVACIÓN DE TALUD DEL JAGÜEY NO.2.

## 6.- CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE PROTECCIÓN, CONTROL Y CRUCE

- ✓ Obra de Excedencia del Jagüey No.1 (Parte Alta).
- ✓ Vado de Mampostería.
- ✓ Cabeceo de Gaviones.
- ✓ Alcantarilla para Entrada de Agua al Jagüey No.1.
- ✓ Puente vehicular interparcelario No.1.
- ✓ Puente vehicular interparcelario No.2. “El Novillo”.

## Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos para cubrir los objetivos planteados, fueron los siguientes:

a). Rehabilitación de la red de drenaje para que los escurrimientos originados por la temporada de lluvias sean conducidos a los cuerpos de agua que existen actualmente, finalizando su camino en la “Laguna de Atocha”, próxima a ellos; lo cual evitará las inundaciones en el valle, las cuales se presentan año con año provocando la pérdida parcial y en ocasiones la pérdida total de los cultivos previamente establecidos en poco más de 2000 has, en las cuales se cultiva maíz, avena forrajera y trigo.

*Los trabajos realizados en este punto fueron la Rehabilitación de 5 km de la red de drenaje en mal estado, con un volumen de tierra de más de 5000 m<sup>3</sup>.*

b). Construcción de presas filtrantes en la cárcava principal ubicada en la parte alta del ejido, con lo cual el suelo proveniente de las zonas más altas será



retenido, lo cual se verá reflejado en la disminución del volumen de azolve que llega a la parte baja (valle) y que en la actualidad provocan el desbordamiento y el rápido azolvamiento de los cuerpos de agua (jagüeyes) y de las redes de drenaje existentes. Además al presentarse condiciones de suelos profundos y húmedos en la zona donde se pretenden construir las presas filtrantes, las especies vegetales podrán florecer y propagarse nuevamente.

*En este punto se realizó la construcción de presas filtrantes en cárcava principal, para retención de suelo: 1 presa de gaviones con un volumen de 35 m<sup>3</sup>, 7 presas de llantas con mampostería con un volumen de 200 m<sup>3</sup> y 2 presas de piedra acomodada con un volumen de 20 m<sup>3</sup>.*

c). Construcción de diversas obras y estructuras de conservación de la red de drenaje: Un vado para protección del camino de acceso a parcelas de la parte alta; una obra de cabeceo con gaviones con un volumen de 15 m<sup>3</sup>, para evitar la socavación de la cárcava, donde confluyen las aguas que el vado que direcciona el flujo hacia la misma; dos puentes vehiculares inter-parcelarios en zonas bajas ya que se destruye el camino por efecto de las mismas lluvias y una alcantarilla que evita la destrucción del camino y lleva el agua al jagüey.

d). Construcción de la obras de excedencia del jagüey principal de la zona alta, cuya finalidad primordialmente es el abrevadero de animales que llevan a pastorear en esa zona los ejidatarios. La presión que ejerce el agua almacenada sobre las paredes de la obra de almacenamiento en su parte más baja, es muy grande, lo que ha ocasionado que se destruya el talud del jagüey, razón por la cual se analizó y definió ubicar en esa zona una obra de excedencia para el jagüey, cuya salida del agua esté conectada al cauce natural, para así evitar que el agua siga destruyendo las paredes de la obras de almacenamiento; sobre-elevando además el nivel de almacenamiento actual, con lo cual se podrá contar con más volumen de agua para la época de secas.

e). Rehabilitación un jagüey de la zona baja del ejido y sobreelevación de talud, que estaba completamente lleno de azolve, ocasionado por la acumulación de partículas en suspensión que arrastra el agua de las zonas altas, principalmente, limo y arcilla. Lo anterior permitirá almacenar nuevamente un volumen considerable de agua en esa zona y que servirá para abrevadero de ganado.

*El Desazolve del jagüey de la zona baja implicó un volumen de movimiento de tierras de 2500 m<sup>3</sup>.*

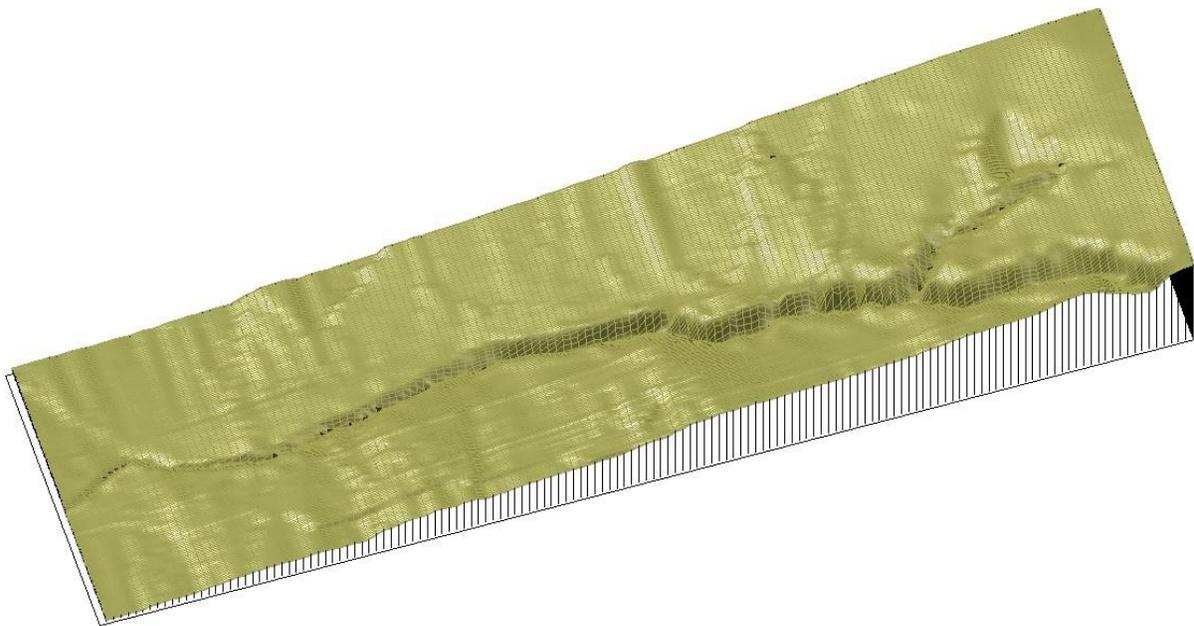
f). Reforestación las zonas altas con pendientes considerable, lugar donde desde hace años no existe una cubierta vegetal que permita la retención de los suelos e infiltración del agua, provocando de esta manera grandes avenidas de agua y suelo a través de las parcelas; y socavando aún más la cárcava existente. Al realizar esta actividad se logrará que los terrenos descubiertos, nuevamente presenten vegetación tanto arbustiva como arbórea, evitando el desprendimiento de suelo; aunado a esto, estas especies vegetales contribuirán a frenar el cambio

climático en el cual nos encontramos inmersos, ya que al ser especies arbóreas, estas encapsulan cantidades considerables de  $\text{CO}_2$ , y disminuyen la temperatura del medio ambiente.

*En este punto se plantaron 4000 especies arbóreas, permitiendo la retención de los suelos e infiltración del agua, para el sano desarrollo de la cubierta vegetal.*

g). Construcción de zanjas tipo trinchera para realizar captación de agua en las zonas altas, que permita retener la humedad para el sano desarrollo de los árboles plantados y así asegurar la supervivencia de la planta.

Los trabajos del presente proyecto se realizaron conjuntamente con los ejidatarios, mediante talleres-participativos, en los cuales, se les ha instruido en cada una de las actividades realizadas y se ha beneficiado a la población desde un inicio con empleos temporales mientras se realiza la construcción de las distintas obras implementadas. Por otra parte los beneficios directos a los productores agrícolas serán de gran impacto, ya que éstas acciones les permitirán asegurar gran parte de sus cosechas al evitar las inundaciones, con lo cual podrán ver remunerada la inversión que realicen en un inicio del ciclo agrícola al poder comercializar su producto en los tres niveles de mercado (local, estatal y nacional); y tendrán mayores ingresos con lo cual se podrá mejorar su nivel de vida.



**Figura 3.** Modelo Digital del cauce “La Barranca”



**Figura 4.** Obras realizadas en el proyecto



Figura 5. Obras de protección y control

## Conclusiones

Las obras de conservación que se decidieron establecer surgen como consecuencia del análisis de varios factores.



En lo que concierne a la presa de gaviones se colocó como primera obra en la cárcava, ya que gracias a su tamaño y estabilidad es capaz de soportar el gasto que hasta ella llega. Además porque la topografía del cauce ayuda a que se retenga mayor cantidad de sedimentos debido a la altura efectiva que posee.

Para el caso de las presas de llantas estas fueron colocadas aguas abajo de la presa de gaviones, pues de esta manera el impacto de la corriente no será tan fuerte gracias a que la intensidad es menor y con esto se evita el deslizamiento y volcamiento de estas.

Las zanjas trincheras en conjunto con la reforestación se decidieron hacer en la parte más alta, ya que es ahí donde el uso indiscriminado de los pastos para la crianza de animales ha provocado que el suelo quede totalmente descubierto, provocando con esto que gran cantidad de suelo sea extraída de esos lugares por efecto de la erosión hídrica. Con este par de actividades se reducirá el arrastre de partículas porque las zanjas trincheras disminuirán la velocidad de las pequeñas corrientes, dando lugar a que el agua almacenada en ellas se infiltre y garantice la disponibilidad de humedad para los árboles plantados, los cuales cabe mencionar que fueron seleccionados en base a las características del clima y lugar, siendo el capulín la planta con mayor adaptabilidad en el lugar.

En cuanto al manejo que se le dio al agua, se realizó la ampliación del dren por el que pasa el agua proveniente de la Barranca Benito Juárez-Sanctorum, ya que dicho dren no contaba con una sección lo suficientemente grande para hacer que desfogara una cantidad de  $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$ . El diseño inicial de la sección del nuevo canal fue del tipo rectangular teniendo  $L=2 \text{ m}$  de plantilla, con una carga sobre el vertedor  $H_v=1 \text{ m}$ , un libre bordo  $LB=40 \text{ cm}$  y una altura de  $1.40 \text{ m}$  quedando con una capacidad de desfogue de  $3 \text{ m}^3/\text{s}$ , el cual se modificó que dando una sección trapecial. Cabe mencionar que en cuanto a este mismo tema se realizó el desazolve de un jagüey con  $2.5 \text{ ha}$  de superficie al cual se le extrajeron  $14,000 \text{ m}^3$  de tierra y se elevó  $1 \text{ m}$  la altura de su cortina, la cual se compactó, dando una capacidad de retención de  $35,000 \text{ m}^3$  de agua en total. Las dos acciones anteriores contribuyen a que no se inunde la zona que en un principio se encontraba con este problema, sumado a esto se obtiene la ventaja de que el agua que se infiltre podrá llegar al manto acuífero con el fin de contrarrestar el abatimiento provocado por la existencia de los pozos agrícolas existentes en la región.

Como conclusión en cuanto a la problemática en la que se enfrenta la cuenca hidrográfica atendida es que, la estrategia de manejo de suelo y agua con base a las obras construidas (zanjas trincheras, reforestación, presa de gaviones, las presas de llantas y piedra acomodada) se estará deteniendo el arrastre de suelo de la parte alta del ejido.

Respecto al diseño de obras tenemos que el diseño de las presas de gaviones es un tema ya muy estudiado, pero en el caso de las presas filtrantes de llantas no existe una metodología de diseño estructural sobre la cual se pueda basar. Por lo



anterior se tomó la decisión de hacer un análisis de cuáles podrían ser los criterios a tomar en cuenta y llegamos a la conclusión de que es posible aplicar los criterios de estabilidad, deslizamiento y volcamiento tal y como es utilizado para las presas de gaviones, siempre y cuando se tomen en cuenta los valores característicos del material en estudio.

En lo que respecta al manejo del agua concluimos que las presas filtrantes (llantas, gaviones y piedra acomodada) disminuyen la velocidad de los escurrimientos en la cárcava, dando un tiempo de retraso para que el agua que se desfoga en la parte baja pueda fluir con una velocidad menor a la que en un principio se tenía, y así cuando llegue el escurrimiento al canal se conduzca con mayor facilidad evitando el derrame. Aunado a esto tenemos el desazolve del jagüey, el cual nos crea una condición como factor de seguridad, ya que si llegara a excederse el caudal manejado, este es capaz de almacenar el agua excedente y provocar la infiltración al manto acuífero.

Para la transferencia de tecnología, se deduce que se proporcionó de forma acertada porque se introdujo al ejido una serie de nuevas herramientas y procedimientos técnicos para la resolución del problema de erosión, los cuales anteriormente desconocían. Es importante mencionar que los conceptos de organización y trato social fueron fundamentales para que la transferencia fuera llevada a cabo, pues fueron estos quienes dieron pauta a que los productores se sintieran parte del proyecto y tuvieran la disposición para aprender el proceso constructivo de las obras.

Se puede decir que por parte de la Universidad Autónoma Chapingo a través de los distintos participantes, se logró hacer una retribución a la sociedad y practicar el manejo de grupos de la sociedad, los cuales es necesario abordar partiendo de diferentes perspectivas para lograr la aceptación y cooperación de ellos.

### ***En general de los trabajos.***

Los trabajos del presente proyecto se realizó conjuntamente con los ejidatarios, mediante talleres-participativos, en los cuales, se les instruyó en cada una de las actividades realizadas y se ha benefició a la población desde un inicio con empleos temporales mientras se realizó la construcción de las distintas obras implementadas. Por otra parte los beneficios directos a los productores agrícolas fueron de gran impacto, ya que éstas acciones permitieron asegurar gran parte de sus cosechas al evitar las inundaciones, con lo cual podrán ver remunerada la inversión que realicen en un inicio del ciclo agrícola al poder comercializar su producto en los tres niveles de mercado (local, estatal y nacional); y tener mayores ingresos con lo cual se podrá mejorar su nivel de vida.

El impacto de la construcción de presas filtrantes en la cárcava principal ubicada en la parte alta del ejido, con lo cual el suelo proveniente de las zonas más altas será retenido, lo cual se verá reflejado en la disminución del volumen de azolve que llega a la parte baja (valle) y que en la actualidad provocan el desbordamiento y el rápido azolvamiento de los cuerpos de agua (jagüeyes) y de las redes de



drenaje existentes. Además al presentarse condiciones de suelos profundos y húmedos en la zona donde se pretenden construir las presas filtrantes, las especies vegetales podrán florecer y propagarse nuevamente.

Se establecieron 36.5 metros cúbicos de presas de gaviones, 110.18 metros cúbicos de presas de llanta, 12 metros cúbicos de presas de piedra acomodada para el control de la erosión hídrica en cárcavas, interviniéndose una cárcava de primer orden y 10.5 metros cúbicos de mampostería implementado en forma adicional en cada una de las presas de llantas (1.5 m<sup>3</sup>/presa). De la misma forma se construyeron 15 metros cúbicos de gaviones en el cabeceo al inicio de la cárcava.

El proyecto PEEVU IRRI-50 se aplicó al grupo de Ejidatarios de la Comunidad de Benito, Juárez, Tlaxcala. Los beneficiario directos son 300 ejidatarios y/o productores de la Comunidad de Benito Juárez, sin embargo el impacto indirecto se extiende hacia las familias de la población; beneficiando a 2500 habitantes.

### **Recomendaciones.**

Una recomendación es que se requiere incrementar el número de obras con la misma finalidad o de este tipo, ya que los daños que ha sufrido el suelo en esta zona a causa de la erosión hídrica son muy grandes. Cabe mencionar que no es suficiente sólo con implementar obras para corregir la problemática, si no también dar seguimiento a esta iniciativa, replicando este tipo de obras e implementar obras de forma preventiva, como lo son las zanjas trincheras y la reforestación en la parte alta.

Se recomienda profundizar en el estudio para el diseño estructural de las presas de llantas, esto porque su utilidad es grande y el costo de una de estas obras es pequeño en comparación con otras, además de evitar que los basureros de este tipo de material sigan creciendo y provoquen daños graves al ambiente.

Como recomendación a este punto se hace énfasis en que es importante hacer saber a las personas sobre la importancia de su trabajo en el proyecto, ya que es una forma de estimular su confianza y se dan los mecanismos para crear un ambiente de compañerismo permitiendo que las tareas asignadas se culminen en el tiempo y forma.

### **Referencias Bibliográficas**

Comisión Nacional Forestal – SEMARNAT. (2004). Manual de Obras y Prácticas de Protección, Restauración y Conservación de Suelos Forestales. México.

SAGARPA. Colegio de Postgraduados. (2009). Presas de Gaviones. Montecillo, Estado de México. México.

SARH. Colegio de Postgraduados. (1991). Manual de conservación del suelo y del agua. Montecillo, Estado de México. México. PP. 528-532.

CONAFOR. (2008). Manual de Conservación de Suelos.