

## GERENCIA REGIONAL DE AGUAS DEL VALLE DE MÉXICO Y SISTEMA CUTZAMALA

### GERENCIA DE ORGANISMOS DEL AGUA

#### SUBGERENCIA DE CARACTERIZACIÓN Y PROGRAMAS MICROREGIONALES

**CONVENIO DE COLABORACIÓN: GAVMSC-GOA-MEX-05-404-RF-CC**  
**“PLAN PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA Y RECURSOS ASOCIADOS DE LA**  
**CUENCA DE VALLE DE BRAVO, ESTADO DE MÉXICO”**



## MEMORIA TÉCNICA

### Participantes por GRAVAMEXSC:

**Coordinadores:** M. Sc. Guillermo Rentería Delmar  
Ing. Rubén G. Cota Osuna

**Supervisó:** Ing. Edgar Ortega Flores

# INDICE

Pág.

## PRESENTACIÓN

<b>1</b>	<b>RESUMEN EJECUTIVO DE LA PROBLEMÁTICA DE LA CUENCA VALLE DE BRAVO.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>RESUMEN DEL DIAGNÓSTICO DE LA CUENCA.....</b>	<b>4</b>
2.1	Deterioro del recurso agua.....	4
2.2	Deterioro del recurso suelo.....	5
2.3	Deterioro del recurso bosque.....	8
2.4	Problemática Unidades de Riego.....	11
2.5	Problemática agua potable, alcantarillado y saneamiento.....	13
2.5.1	<i>Requerimientos de infraestructura.....</i>	<i>14</i>
2.5.1.1	<i>Agua potable.....</i>	<i>14</i>
2.5.1.2	<i>Alcantarillado.....</i>	<i>15</i>
2.5.1.3	<i>Protección de captaciones y almacenamientos.....</i>	<i>16</i>
2.5.1.4	<i>Colectores.....</i>	<i>17</i>
2.5.1.5	<i>Plantas de tratamiento de aguas residuales.....</i>	<i>17</i>
2.5.1.6	<i>Tanques de distribución.....</i>	<i>17</i>
2.5.1.7	<i>Embalse de la presa Valle de Bravo.....</i>	<i>17</i>
2.5.1.8	<i>Potabilización.....</i>	<i>18</i>
2.5.2	<i>Problemática.....</i>	<i>18</i>
2.5.2.1	<i>Problemática física.....</i>	<i>18</i>
2.5.2.2	<i>Problemática de operación.....</i>	<i>18</i>
2.5.2.3	<i>Problemática principal.....</i>	<i>19</i>
2.5.3	<i>Interrelación con dependencias, instituciones y organizaciones.....</i>	<i>20</i>
2.5.4	<i>Apoyos de dependencias y de grupos organizados.....</i>	<i>21</i>
2.5.5	<i>Consideraciones finales.....</i>	<i>21</i>
2.6	Calidad del agua en el embalse y afluentes.....	22
2.6.1	<i>Calidad del agua en la subcuenca del Río Amanalco.....</i>	<i>25</i>
2.7	Competencia por los diferentes usos del agua.....	27
2.8	Determinación del nivel de degradación de la cuenca.....	31
<b>3</b>	<b>LINEAS ESTRATÉGICAS PARA ATENDER LA PROBLEMÁTICA DE LA CUENCA.....</b>	<b>33</b>
<b>4</b>	<b>ACCIONES Y OBRAS A REALIZAR EN LOS DIFERENTES NIVELES DE LA CUENCA.....</b>	<b>38</b>

4.1	Acciones en el Embalse.....	38
4.2	Acciones en la cuenca Baja.....	38
4.3	Acciones para la cuenca Media.....	38
4.4	Acciones en la cuenca Alta.....	39
4.5	Acciones Cuenca cerrada San Simón.....	39
4.6	Estudios necesarios que aplican a toda la cuenca.....	40
<b>5</b>	<b>PERFILES DE PROYECTOS MÁS RELEVANTES.....</b>	<b>41</b>
5.1	Perfil de proyecto: <i>Saneamiento urbano</i> .....	41
5.2	Perfil de proyecto: <i>Saneamiento rural en comunidades prioritarias</i> .....	44
5.3	Perfil de proyecto: <i>Conservación de agua y suelo en áreas en “conflicto de uso”, ó que no aplican prácticas</i> .....	48
5.4	Perfil de proyecto: <i>Tecnificación de las áreas de riego mediante sistemas de baja presión</i> .....	55
<b>6</b>	<b>PRIORIZACIÓN DE ACCIONES.....</b>	<b>68</b>
6.1	Acciones a corto plazo.....	68
6.2	Acciones a mediano plazo.....	70
6.3	Acciones a largo plazo.....	71
<b>ANEXO:</b>		
➤	Mapa propuesta de acciones del Plan	
➤	Mapa <i>Perfil de proyecto: Programa consensuado de obras y acciones 2006-2009 entre CONAGUA, CAEM y APAS Valle de Bravo</i>	
➤	Mapa <i>Perfil de proyecto: Comunidades Prioritarias para Saneamiento Rural</i>	
➤	Mapa <i>Perfil de proyecto: Conservación de Agua y Suelo para Áreas en conflicto de uso</i>	
➤	Mapa <i>Perfil de proyecto para tecnificación del riego de áreas dominadas</i>	

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Distribución de la superficie por intervalos de erosión hídrica potencial de la Cuenca Valle de Bravo.....	5
Cuadro 2. Distribución de la superficie por intervalos de erosión hídrica actual de la Cuenca Valle de Bravo .....	7
Cuadro 3. Uso del suelo en la Cuenca de Valle de Bravo para los años 1986, 2001 y 2004.....	10
Cuadro 4. Características fisicoquímicas y bacteriológicas en la presa de Valle de Bravo de acuerdo con los diferentes estudios que se han realizado .....	23
Cuadro 5. Calidad del agua en los cauces de la Presa Valle de Bravo.....	24
Cuadro 6. Superficie afectada por los diferentes tipos de degradación causada por el hombre .....	31
Cuadro 7. Correlación de líneas estratégicas propuestas en tres diferentes proyectos .....	37
Cuadro 8. Uso de suelo y propuestas de prácticas en el rango de pendiente de 5-15% .....	50
Cuadro 9. Prácticas propuestas para la cuenca alta, media, baja y San Simón, en el rango de pendiente de 5-15%.....	51
Cuadro 10. Uso de suelo y propuestas de prácticas en el rango de pendiente de 15-30% .....	53
Cuadro 11. Prácticas propuestas para la cuenca alta, media, baja y San Simón, en el rango de pendiente de 15-30%...	54
Cuadro 12. Uso de suelo y propuestas de prácticas en el rango de pendientes mayores al 30% .....	54
Cuadro 13. Cantidades de obra, lista de materiales y piezas y presupuesto* .....	66

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de la superficie por intervalos de erosión hídrica potencial de la Cuenca Valle de Bravo .....	6
Figura 2. Distribución de la superficie por intervalos de erosión hídrica actual de la Cuenca Valle de Bravo, Estado de México .....	7
Figura 3. Superficie afectada por la degradación del suelo causada por el hombre en la Cuenca de Valle de Bravo .....	32
Figura 4. Letrina de composteo .....	47
Figura 5. Letrina de doble cámara.....	48
Figura 6. Tecnificación del sistema de riego con tubería de compuertas .....	55
Figura 7. Manejo eficiente del agua de riego con el sistema de tuberías con multicompuertas .....	56
Figura 8. Hidrante y tubería con compuertas en la aplicación del riego .....	67
Figura 9. Sistema de riego de baja presión con tubería de compuertas, en el riego por surcos .....	67

## PRESENTACIÓN

El presente documento corresponde a la memoria técnica acordada en los Términos de Referencia del proyecto Plan para la Gestión Integral del Agua y Recursos Asociados, que el IMTA y la GRAVAMEXSC signaron bajo el Convenio de Colaboración GAVMSC-GOA-MEX-05-404-RF-CC.

En dichos Términos de Referencia se estableció que la presente memoria técnica estaría integrada por las acciones y obras para el corto, mediano y largo plazos, para las partes alta, media y baja de la cuenca, así como los perfiles de proyectos, constituyendo propiamente el Plan para la Gestión Integral del Agua y Recursos Asociados de la cuenca Valle de Bravo.

Para la redacción de la presente memoria, se partió del diagnóstico que se realizó de la problemática de la cuenca, y que constituye un documento técnico producto también del Convenio de Colaboración citado arriba.

Este documento no pretende ser inédito ya que para la identificación de las acciones, obras y proyectos necesarios, se utilizó información muy valiosa del Programa para el Saneamiento Integral de la cuenca Valle de Bravo que inició en el año 2000 la propia GRAVAMEXSC por medio de la Gerencia de Organismos del Agua, así como de las conclusiones emanadas del Taller ZOPP realizado también como parte del Convenio.

Se hace también un reconocimiento al personal del Fondo Procuenca de Valle de Bravo, A.C., que de igual forma aportó información muy valiosa sobre la necesidad de acciones en las diferentes partes de la cuenca y que se incorporan en la presente memoria técnica.

## 1 RESUMEN EJECUTIVO DE LA PROBLEMÁTICA DE LA CUENCA VALLE DE BRAVO

A reserva de que el lector profundice en la problemática de la cuenca Valle de Bravo, que se presenta a detalle en los siguientes apartados, y en una memoria técnica aparte, se han identificado, a manera de resumen, una serie de indicadores que reflejan la situación actual de la cuenca, desde el punto de vista del medio natural y socioeconómico. La situación reflejada en los diferentes parámetros, sirvió de base para desarrollar una serie de alternativas de solución localizándolas en los diferentes niveles de la cuenca, así como su prioridad en el tiempo.

La Cuenca Valle de Bravo abarca una superficie de 61,593 ha incluyendo a la Cuenca Cerrada San Simón de 8,958 ha, por lo que el territorio que drena directamente a la presa Miguel Alemán en el Municipio de Valle de Bravo, es de 52,635 ha. Comprende casi en su totalidad a los Municipios de Valle de Bravo y Amanalco, y en menores proporciones a Villa Victoria, Villa de Allende, Almoloya de Juárez, Zinacantepec, Temascaltepec y Donato Guerra, todos en el Estado de México. A partir de la instalación de la Comisión de Cuenca de Valle de Bravo en 2003, se le identifica como Cuenca Amanalco-Valle de Bravo.

Más de la mitad de la cuenca, el 53% esto es 31,646 ha, está ocupada con bosques; el 32% (19,824 ha) está ocupada con agricultura; los pastizales ocupan el 4%; los frutales el 0.5%; los cuerpos de agua el 3%, la mancha urbana ocupa el 6%, esto es cerca de 3,700 ha y el rubro otros alcanza el 1.5%

En estudios comparativos utilizando fotografías aéreas del período 1970-2000, se identificó una disminución del 18% de la superficie con bosque; en el año 2005 utilizando técnicas más sensibles de percepción remota y corroboración en campo, se encontró una superficie forestal cercana a la detectada en los años 70s, sin embargo un análisis detallado de las masas boscosas actuales, muestra gran fragmentación en su interior, lo que evidencia una deforestación clandestina, selectiva, constante y con tendencia creciente, lo que la convierte en un serio problema a atender.

La pérdida de suelos en la cuenca muestra tasas de erosión de 44 toneladas por ha al año en el cultivo de maíz, esto es, casi 4 veces más arriba de la erosión permisible que es de 12 toneladas por ha anualmente. Producto de la erosión hídrica, a la presa Miguel Alemán, le están ingresando actualmente 3.7 millones de m<sup>3</sup> de azolve al año, lo que ha impactado en una disminución de su capacidad de almacenamiento cercana al 21% respecto de su inicio en 1949.

Los ríos que escurren directamente al embalse como Amanalco, Los González y Molino-Los Hoyos, están aportando grandes cantidades de nutrimentos, con 56 toneladas al año de Nitratos, más de 29 toneladas de Fosfatos y más de 1,730 toneladas de Sulfatos al año. Estos aportes nutrimentales propician el crecimiento explosivo e incontrolado del lirio y de algas microscópicas y también dicha carga de nutrimentos, aunada al constante aporte de materia orgánica de las aguas residuales, propician que el vaso se encuentre en condición "Eutrófica" de marzo a noviembre, esto es, sin oxígeno disuelto en el agua de su mitad más profunda, y de diciembre a febrero la condición no mejora grandemente manteniéndose en calidad mediana identificada como "Mesotrófica".

La calidad microbiológica del embalse también se está deteriorando, lo cual se refleja con la presencia de *coliformes fecales* cuyo límite aceptable es de 1000 NMP y en el Arroyo Los Tizates resultó de 11,000 NMP, así mismo se detectaron *coliformes* y *enterococos fecales* en los ríos Amanalco y Molino-Hoyos, así como

en la cortina de la presa y en el muelle. Se reporta también presencia de bacterias patógenas del tipo *Streptococcus pneumoniae*, *Shigella sp.*, *Klebsiella pneumoniae*, *K. oxytoca*, *Salmonella paratyphi*, *Plesiomona shigeloide*, *Vibro fluviales*, lo que representa un foco potencial de infección cuyo origen esté posiblemente vinculado a descargas que estarían llegado directamente al lago sin tratamiento previo.

En la parte alta de la cuenca el agua es utilizada para producción de trucha en 85 granjas de las cuales sólo el 86% aproximadamente tiene su situación administrativa en orden y el resto hace aprovechamiento irregular del recurso agua. En sus instalaciones se utiliza el agua proveniente directamente de los manantiales y ríos y en el proceso se deteriora su calidad con contaminantes en forma de alimentos y químicos, así como con las excretas de las truchas.

En el control y prevención de la contaminación del embalse por aguas residuales, ha habido avances importantes sobre todo en la cabecera municipal, como proyectos ejecutivos de la red de alcantarillado, la construcción de colectores principales, de redes de atarjeas y conexiones de descargas domiciliarias a la red de drenaje; sin embargo es necesario continuar con la construcción de colectores y conexiones al drenaje, para lo cual ya existe un programa de obras a realizar, consensado entre las dependencias que intervienen. Para el desalojo de estas aguas residuales se dispone de una planta de tratamiento del tipo lodos activados en Valle de Bravo, con una capacidad instalada de 100 litros por segundo y un módulo en proyecto para 50 litros por segundo. En el Municipio de Amanalco está próxima a operar una planta de tratamiento de aguas residuales con capacidad para 18 litros por segundo. Por otra parte, es indispensable separar la red de drenaje de las aguas pluviales, a fin de asegurar que toda el agua de arroyos y manantiales ingrese al embalse de la presa sin mezclarse con las aguas residuales.

Existen 12 comunidades en el área rural de la cuenca con 1,091 viviendas que en su totalidad defecan al aire libre y con las lluvias se arrastran a los arroyos y ríos, por lo que serían motivo de una acción urgente de saneamiento.

El uso del agua en la agricultura también presenta problemas serios, pues la cuenca tiene 48 aprovechamientos de manantiales y arroyos, para regar potencialmente 4,244 ha. La situación actual muestra que el manejo del agua es muy ineficiente, con la conducción del agua en canales de tierra y riego de laderas con fuertes pendientes, además de sembrar cultivos con alta demanda de agua y/o baja rentabilidad como el maíz. Además existe un uso excesivo de agroquímicos que eventualmente van a dar ríos y arroyos y finalmente al embalse.

En relación con los manantiales, es preocupante el gran desorden y saqueo que existe alrededor del agua de los mismos en la cuenca y que empieza a generar fuertes conflictos sociales; se ha iniciado el inventario de ellos, identificándose a la fecha 432 manantiales de los cuales sólo 82 de ellos poseen título de concesión y en el resto su aprovechamiento es irregular.

A nivel de cuenca como unidad de estudio y planificación, el mayor porcentaje del tipo de degradación del suelo es por erosión hídrica, con pérdida de suelo superficial (erosión laminar) y erosión hídrica con deformación del terreno (erosión en cárcavas, canalillos y movimiento de masas). Como factores causativos de este tipo de degradación están las actividades agrícolas y se refiere principalmente a un uso inadecuado de terrenos agrícolas, mas específicamente para la Cuenca de Valle de Bravo, la labranza y en algunos casos el mal manejo del agua de riego en terrenos con pendientes. Otro factor causativo es el sobre pastoreo, que afecta sobre todo a las comunidades vegetales y está asociado al número excesivo de

cabezas de ganado por unidad de superficie y cuyos efectos resultan en pisoteo, compactación y afectación a reforestaciones, caso muy común en la Cuenca de Valle de Bravo. Otro factor causativo es la sobreexplotación de la vegetación para uso doméstico, que no remueve la vegetación en su totalidad, pero sí propicia una deformación de ésta, en el caso de la Cuenca de Valle de Bravo se refiere a una recolección excesiva de leña, en algunos casos producción de carbón y la recolección de plantas con propiedades curativas y alimenticias.

Otro tipo de degradación presente en la Cuenca de Valle de Bravo es la degradación por una disminución de la fertilidad del suelo y reducción del contenido de materia orgánica, que tiene como factores causativos a las actividades agrícolas, principalmente, esto se debe a que existe un balance negativo entre los nutrimentos extraídos por los cultivos y los suministrados al suelo a través de fertilizantes y estercolamiento, además de que en la Cuenca de Valle de Bravo no hay una cultura de incorporación de residuos de cosecha para mantener un nivel de materia orgánica adecuado, el nivel de afectación puede considerarse ligero, sin embargo existe una tendencia a que este tipo de degradación se incremente con el tiempo y cuyos efectos resulten en otros tipos de degradación, sobre todo en las propiedades físicas del suelo, con la consecuente pérdida de la productividad.

En seguida se presentará de forma resumida, el diagnóstico que se hizo en extenso, y que sirvió de base para desarrollar los perfiles de proyectos, acciones y obras para las diferentes partes de la cuenca Valle de Bravo.



## 2 RESUMEN DEL DIAGNÓSTICO DE LA CUENCA

### 2.1 Deterioro del recurso agua

Para determinar los niveles de deterioro del agua en la Cuenca Valle de Bravo, se recurrió a obtener información de lluvia y gastos (escurrimientos) de diversas fuentes, tales como los registros de las estaciones climatológicas ubicadas en la cuenca, a través de medios electrónicos desarrollados por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), estos son el ERIC II y MADAME CLEX, en donde se tienen registros históricos de todas las estaciones climatológicas del país; se recurrió también al Banco Nacional de Aguas Superficiales (BANDAS) para obtener datos de escurrimientos y sedimentos de las estaciones hidrométricas de las principales corrientes de la Cuenca de Valle de Bravo.

Dentro del contexto estatal, se infiere que, Valle de Bravo ha registrado en los últimos años, un acelerado ritmo de urbanización y crecimiento demográfico, esta situación se refleja hoy en día en el proceso de concentración experimentada en la región y el desarrollo de una considerable zona urbana conurbada, como centro funcional densamente poblado, en donde se incrementa constantemente la urbanización y paralelamente la destrucción de sus recursos naturales.

Por su ubicación geográfica y condiciones atmosféricas, Valle de Bravo, se ha constituido como un importante centro de actividad turística del Estado de México; al mismo tiempo que disminuye la importancia de las actividades agrícolas, dando paso a una economía basada en el sector terciario; esto trae como consecuencia algunas alteraciones en el medio ambiente, para Valle de Bravo y sus áreas periféricas, como el incremento del calor por el día, debido al material con que están construidas las casas-habitación; por lo que a mayor población, mayor es la necesidad de construir casas. No solamente la temperatura se eleva por las construcciones, sino también es importante resaltar la concentración de comercios, servicios públicos, las calles pavimentadas, etc.

Por otro lado, se considera que, el asfalto o pavimento de piedra y las construcciones son de mayor densidad que la roca y los materiales que constituyen el suelo, de forma que poseen una capacidad calorífica superior a la de los suelos naturales, es decir, elevan notablemente la temperatura del aire; esto obedece a las propiedades térmicas del material utilizado en las construcciones, concreto, ladrillo, entre otros que almacenan durante el día parte de la radiación solar que reciben para después liberarla durante la noche, razón por la cual las temperaturas mínimas en las áreas urbanizadas tienen un valor más alto que las zonas rurales, además este tipo de material hace que el agua que precipita resbale y no se infiltre.

También la presencia y la ubicación de las construcciones modifican los vientos locales, desviando su trayectoria y disminuyendo su velocidad, a la vez que reduce la evaporación y como se sabe, a menor velocidad del viento menor evaporación, además de que los edificios están formados por células con aire cálido inmovilizado, ya sea en forma de habitaciones o en espacios vacíos entre muros; todo ello determina un retraso en el rápido enfriamiento que se inicia al caer la tarde.

La formación geológica y la resultante naturaleza del suelo figuran también entre los factores que determinan el clima. Las superficies de colores oscuros absorben los rayos del sol más que las de colores claros y están por lo general más calientes durante el día. Además el aire situado encima de ellas se dilata.

Según Miller (1975), "los tipos de suelos también influyen sobre la vegetación, modifican fuertemente los efectos del clima, produciendo praderas en donde el clima indicaría bosques o desiertos donde pudiera haber pasto (arenas sueltas) o determina un paisaje que es vitalmente un desierto a pesar de disponer de lluvia suficiente y hasta en abundancia".

Es evidente que un suelo cubierto con vegetación densa puede retener mayor cantidad de agua y consecuentemente, propiciar mayor humedad a la capa de aire que se encuentra en contacto con él. Por el contrario, un suelo que ha sido sustituido por pavimento propicia, por una parte, el escurrimiento casi total del agua de lluvia reduciendo considerablemente la evaporación y, por consiguiente, la humedad del aire; Por otro lado, contribuye, a aumentar la temperatura por medio de la reflexión, ya que un suelo con vegetación o desprovisto de ésta, refleja menor cantidad de radiación que refleja el suelo cubierto por cemento o asfalto.

## 2.2 Deterioro del recurso suelo

En el año 2004 el IMTA realizó un estudio de erosión de la Cuenca de Valle de Bravo, y a continuación se mencionan los resultados, como una medida de la degradación de este recurso.

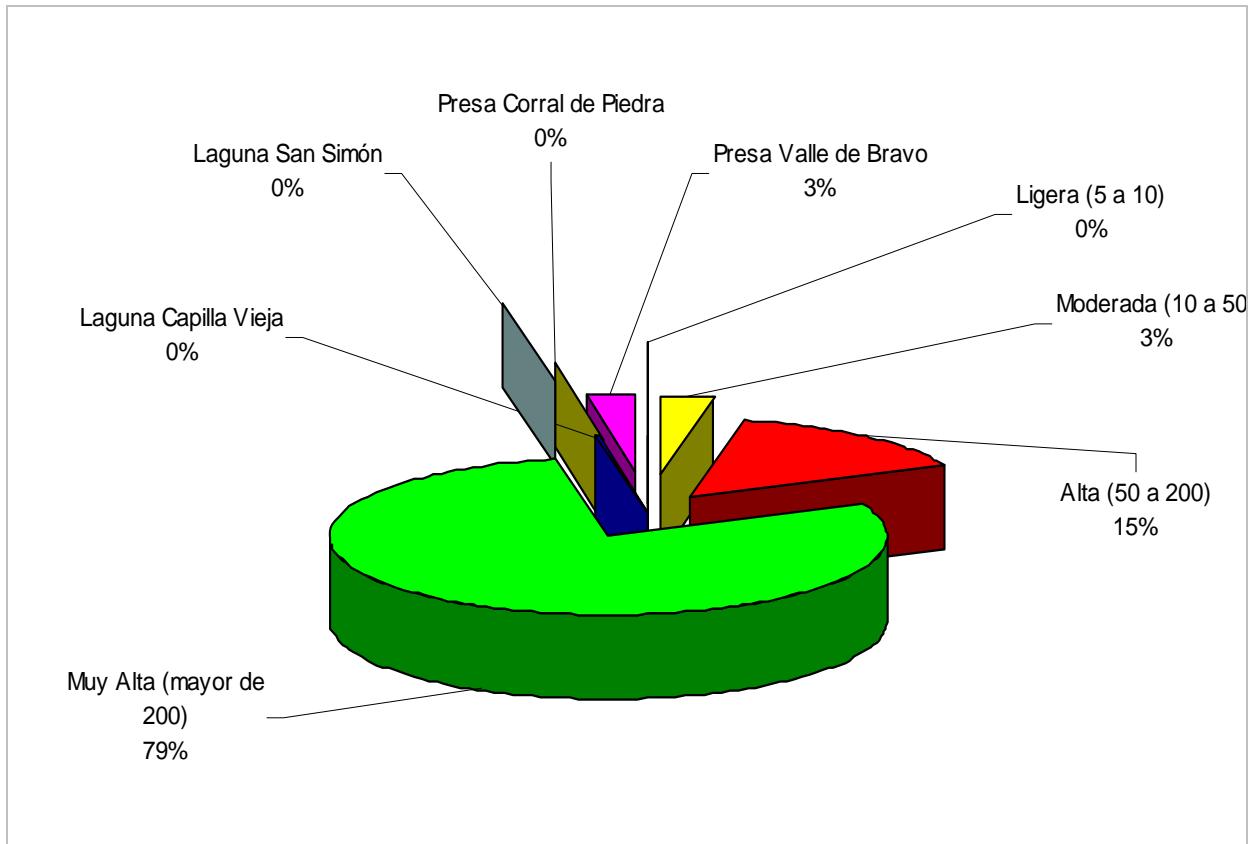
### *Erosión potencial de la Cuenca de Valle de Bravo*

La erosión potencial se considera como la pérdida de suelo que se puede presentar en un espacio considerando la influencia o presencia de cuatro factores que son: la erosividad de la lluvia (factor R), la erosionabilidad del suelo (factor K) y el grado y longitud de la pendiente (factor LS). No se considera para ello la presencia de la cobertura vegetal ni de las prácticas mecánicas de conservación de agua y suelo. En el **Cuadro 1** se presenta la distribución de superficie para cada intervalo de erosión.

**Cuadro 1.** Distribución de la superficie por intervalos de erosión hídrica potencial de la Cuenca Valle de Bravo

Intervalo de erosión hídrica (t ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	Superficie (ha)	Superficie (km <sup>2</sup> )	%
Nula (menor de 5)	0.00	0	0.00
Ligera (5 a 10)	0.00	0	0.00
Moderada (10 a 50)	1,879.41	18.79	2.98
Alta (50 a 200)	9,357.30	93.57	15.20
Muy Alta (mayor de 200)	48,392.14	48.39	78.62
<i>Laguna San Simón</i>	28.16	0.28	0.05
<i>Laguna Capilla Vieja</i>	108.74	1.09	0.18
<i>Presa Corral de Piedra</i>	38.08	0.38	0.06
<i>Presa Valle de Bravo</i>	1,789.17	17.89	2.91
<b>Total</b>	<b>61,593</b>	<b>615.93</b>	<b>100.00</b>

Con la finalidad de contar con una mejor visión de los resultados obtenidos, en la **Figura 1** se presenta la gráfica con la distribución de las superficies en porcentajes para cada intervalo de erosión hídrica.



**Figura 1.** Distribución de la superficie por intervalos de erosión hídrica potencial de la Cuenca Valle de Bravo

Se observa que de presentarse las condiciones que la Cuenca Valle de Bravo no contara con una cubierta vegetal adecuada, se tendrían tasas de erosión muy altas, ya que el 78.62% de la superficie serían aportadoras de sedimentos con más de  $200 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  que representarían 48,392.14 ha. En orden de importancia le seguiría las tasas de erosión altas de  $50 \text{ a } 200 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  en un 15.2% de la superficie, es decir, en 9,357.3 ha. Y finalmente, se tendría un porcentaje de 2.98% que corresponde a 1,835.19 ha con superficies que presentarían tasas de erosión moderadas de  $10 \text{ a } 50 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ .

Es notorio que bajo las condiciones de no presencia de cubierta vegetal no se presentarían tasas de erosión nulas y ligeras, es decir, de menos de  $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ .

### **Obtención de la erosión actual**

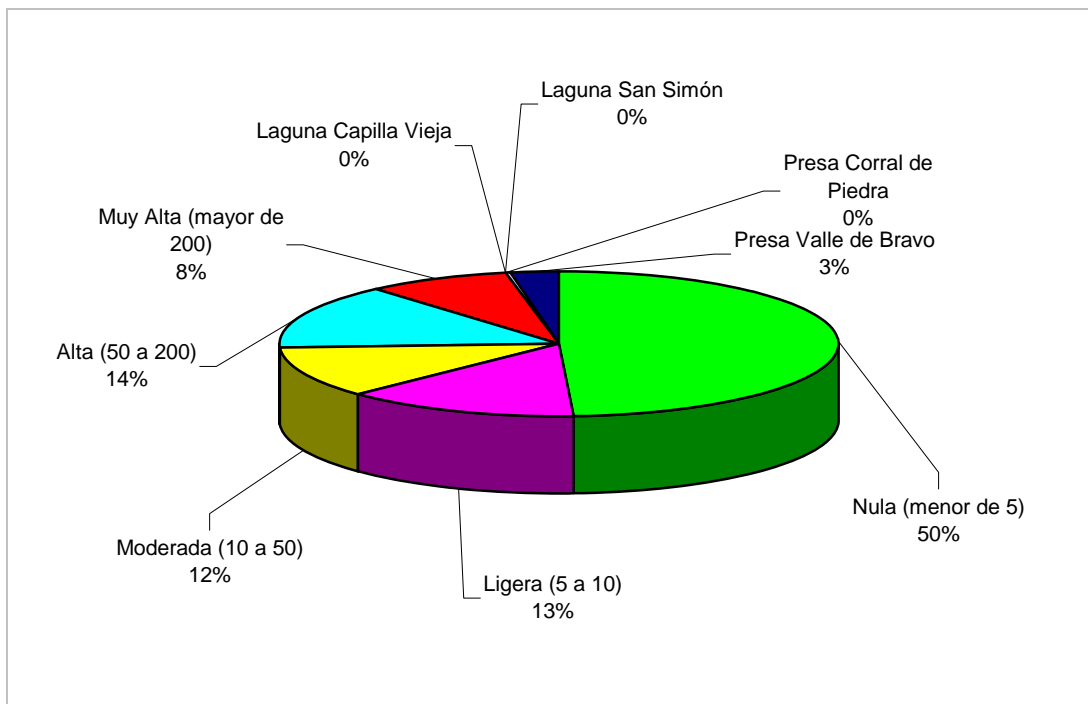
Al igual que en la determinación de la erosión potencial, se obtuvieron los diferentes rangos de erosión utilizando la misma clasificación de nula, ligera, moderada, alta y muy alta.

Considerando lo anterior fue como se obtuvo el mapa de distribución de las tasas de erosión actual para cada intervalo propuesto, y este se presenta en la **Figura 2**. En el **Cuadro 2** se presenta la distribución de superficie para cada intervalo de erosión.

**Cuadro 2.** Distribución de la superficie por intervalos de erosión hídrica actual de la Cuenca Valle de Bravo

Intervalo de erosión hídrica (t ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	Superficie (ha)	Superficie (km <sup>2</sup> )	%
Nula (menor de 5)	30,331.57	303.31	49.28
Ligera (5 a 10)	8,237.34	82.37	13.38
Moderada (10 a 50)	7,168.98	71.68	11.58
Alta (50 a 200)	8,901.81	89.02	14.46
Muy Alta (mayor de 200)	4,989.15	49.89	8.11
Laguna San Simón	28.16	0.28	0.05
Laguna Capilla Vieja	108.74	1.09	0.18
Presas Corral de Piedra	38.08	0.38	0.06
Presas Valle de Bravo	1,789.17	17.89	2.91
<b>T o t a l</b>	<b>61,593</b>	<b>615.93</b>	<b>100</b>

En la **Figura 2** se presenta un gráfico que representa las proporciones de distribución de las superficies en porcentaje que se obtuvieron para cada intervalo de erosión hídrica bajo las condiciones actuales de uso y manejo.



**Figura 2.** Distribución de la superficie por intervalos de erosión hídrica actual de la Cuenca Valle de Bravo, Estado de México

Derivado de los resultados obtenidos del estudio en donde se identificaron a una escala de trabajo 1: 50,000 los niveles de erosión en la Cuenca Valle de Bravo utilizando la metodología de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (EUPS) adaptada a las condiciones de México, se pueden mencionar las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- De toda la superficie de la cuenca, en la mayoría de las comunidades y ejidos que la integran se localizan suelos con alta erosionabilidad y dadas las características de la topografía, potencialmente hablando se tiene una gran susceptibilidad a erosionarse por efectos del agente lluvia. Esto nos lleva a

señalar que deben tomarse acciones encaminadas a prevenir y contrarrestar el proceso de degradación que viene realizándose a través de continuar con la difusión e implementación de las prácticas conservacionistas dentro de la subcuenca, hasta lograr un manejo sustentable.

- El 49.28% de la superficie (30,331.57 ha) de la cuenca presenta tasas de erosión hídrica que no sobrepasan los límites permisibles de erosión, dentro de ésta se considera las zonas de bosque no perturbadas y con buen manejo, así como áreas de pastizales y predios agrícolas en los que se aplican prácticas conservacionistas como terrazas, surcado al contorno, cultivos de cobertera, etc.
- Así mismo, el 24.96% de la superficie (16,026.57 ha) presenta tasas de erosión de 5 a 50.0 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, y puede tratarse de zonas agrícolas que cuentan con prácticas de manejo, pero que es necesario complementarlas con otras prácticas para incrementar su eficiencia y disminuir las tasas de erosión a límites permisibles.
- Finalmente, el 22.57% de la superficie (13,890.96 ha) presenta tasas de erosión que superan las 50 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, se trata de zonas agrícolas de riego y temporal, de praderas y pastizales sobrepastoreados que se ubican en laderas y que no cuentan con al menos una práctica sencilla de conservación, y es aquí donde se deben aumentar los esfuerzos en tratar de seguir con la concientización a los productores para que implementen un manejo en su parcela y no continúe degradándose, afectando tanto a los propios productores al disminuir la capacidad productiva del suelo, como a otras áreas con los sedimentos producto de dicha erosión.
- Mediante este estudio se pueden identificar las áreas donde se tienen mayores problemas de erosión y por tanto se puede utilizar como criterio prioritario para definir las microcuencas en donde se deben impulsar de manera concentrada la elaboración de los Planes de Manejo para promover las prácticas conservacionistas que tiendan a disminuir la erosión y producción de sedimentos.
- En este estudio no se identifican la producción de sedimentos porque para ello se debe considerar un proceso que implica la dinámica del movimiento del sedimento desde la salida de la parcela hasta la llegada a un cauce, su transporte y finalmente su depositación en un embalse o cuerpo de agua, de querer determinarse la cantidad de sedimentos que estarían saliendo de una determinada microcuenca o subcuenca, o la entrada de sedimentos al embalse, se hace necesario utilizar modelos hidrológicos y de erosión hídrica que se están validando en México como el modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tool) mediante el cual también se pueden simular escenarios de manejo y evaluar los impactos esperados en relación con sedimentos, escurrimientos, contaminantes, etc.

### 2.3 Deterioro del recurso bosque

Para conocer la dinámica de cambio de uso de suelo de la Cuenca de Valle de Bravo, se utilizaron los raster de imagen de satélite LANDSAT TM, tomada el 14 de marzo de 1986, imagen de satélite LANDSAT TM+ tomada el 31 de marzo de 2001, y del estudio realizado por el IMTA en 2004, en donde se tuvo el uso actual del suelo de la Cuenca de Valle de Bravo con recorridos de campo con el apoyo de ortofotos digitales.

Lo que se puede apreciar en estas imágenes es que de 1986 a 2001, principalmente la superficie agrícola se incrementó de 18,724.23 ha a 20,797.90 ha, un total de 2,073.67 ha. El bosque también presenta un

incremento en su superficie, ya que para 1986 se contaba con una superficie de 32,821.79 ha y para 2001 se contaba con una superficie de 33,379.21, lo cual representa un incremento de 575.42 ha. En este periodo de tiempo lo que se vio afectado con una disminución en la superficie fueron los pastizales, ya que de 7,584.38 ha que se cuantificaron en 1986, para 2001 solo se cuantificaron 4,739.49 ha, lo que representó una disminución de 2,844.89 ha.

La situación anterior puede relacionarse con el auge que tuvo el cultivo de la papa y algunas hortalizas, como el chícharo, en esta época y debido a la alta rentabilidad de estos cultivos, se comenzó a generar demanda por tierras de cultivo, y esta presión se dirigió hacia los pastizales naturales y se acentuó más en las tierras donde se contaba con disponibilidad de agua, como es el caso de las unidades de riego de Cerro Gordo, San Simón el Alto, Los Álamos, El Trompillo, El Ancón, El Naranjo, La Candelaria, ubicados en su mayoría en el Municipio de Valle de Bravo. Las necesidades del cultivo provocaron en primer lugar una degradación acelerada de las tierras de cultivo, principalmente erosión por mal manejo del agua de riego y un uso excesivo de agroquímicos.

Con respecto a la superficie forestal, podemos comentar como antecedente que en la década de los 40's, el gobierno federal impuso una veda forestal en el Estado de México, como una medida para frenar y disminuir el deterioro ambiental que se estaba presentando, casi cuarenta años después, en 1976 se crea la Protectora e Industrializados de Bosques del Estado de México (Protimbos), para realizar acciones de protección y saneamiento forestal, en donde no se excluyó la Cuenca de Valle de Bravo. Fue hasta 1990, cuando la Protimbos pasa a ser la Protectora de Bosques (Probosque) y fue esta dependencia quien estuvo a cargo de los trabajos de fomento y protección forestal en la Cuenca de Valle de Bravo, que a su vez intensificó estas actividades.

A partir de 1994 a petición de la Comisión Nacional del Agua, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, comenzó a realizar trabajos de conservación de suelo y agua y fomentando también el cuidado del bosque, a través de reforestaciones y cercado de áreas forestales, con apoyo de Probosque y de la Semarnap (ahora Semarnat). Estas actividades y las actividades mismas de las instituciones involucradas en la conservación de la cuenca, dieron como resultado la recuperación de áreas forestales, además se intensificó el establecimiento de plantaciones forestales comerciales, principalmente para pino navideño. En un estudio realizado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, en 2004, con recorridos de campo se obtuvo información de la situación actual del uso de suelo dentro de la Cuenca de Valle de Bravo, que puede considerarse más confiable, ya que esta información se obtuvo directamente en las parcelas y vaciada en ortofotos digitales de vuelo 2001; de dicho estudio se obtuvo que la superficie forestal cuenta con 35,444.78 ha, con una diferencia de 2,915.19 ha, lo cual se entiende por la explicación anteriormente expuesta y por la metodología seguida, la información obtenida arroja datos mas precisos.

Entonces se tiene que para 2004, la superficie forestal es de 35,444.78 ha, la superficie dedicada a la agricultura para este mismo año es de 17,882.71 ha, 2,915.19 ha menos que en 2001; en cuanto a los pastizales se refiere, estos aumentaron con respecto a 2001, ya que en este año se tenían 4,739.49 ha y para 2004 se tenían 5,339.27 ha, 599.78 ha más.

Cabe mencionar algunas situaciones que se están presentando en algunas comunidades de Valle de Bravo, en donde se está llevando a cabo un proceso de urbanización, como es el caso de la comunidad de Cuadrilla de Dolores, o en donde se está llevando a cabo la venta de terrenos por parte de los ejidatarios, como es el caso de las comunidades de Loma de Rodríguez, Loma de Chihuahua, Rincón de Estradas, San

Mateo Acatitlán, Cerro Gordo, ya que por su cercanía con el poblado de Valle de Bravo, aunado a la belleza escénica y a la accesibilidad a estas comunidades, se hace atractivo para la gente que busca sitios de descanso. Esta situación comienza a presentarse en las comunidades de Ranchería de Los Álamos, El Ancón, El Trompillo y San Simón El Alto.

Este fenómeno también conlleva a que tierras que eran de cultivo se estén reconvirtiendo a praderas, ya sea con vegetación natural o con variedades mejoradas, a esto se debe en parte el incremento de la superficie con pastizales.

En cuanto al bosque, los nuevos propietarios de los terrenos, se han preocupado por el cuidado del entorno y han realizado actividades de reforestación dentro de sus predios, y algunos que han visto en estas actividades el aspecto comercial que han dedicado sus terrenos a la producción de árboles de navidad principalmente.

Este fenómeno también conlleva a que tierras que eran de cultivo se estén reconvirtiendo a praderas, ya sea con vegetación natural o con variedades mejoradas, a esto se debe en parte el incremento de la superficie con pastizales.

En cuanto al bosque, los nuevos propietarios de los terrenos, se han preocupado por el cuidado del entorno y han realizado actividades de reforestación dentro de sus predios, y algunos que han visto en estas actividades el aspecto comercial que han dedicado sus terrenos a la producción de árboles de navidad principalmente.

Haciendo una comparación entre el uso de suelo obtenido mediante el análisis de la imagen de satélite de 1986 y la información obtenida por el IMTA mediante recorridos de campo en 2004, se tiene que la superficie dedicada a la agricultura disminuyó 841.52 ha; la superficie forestal aumentó 2,622.99 ha; el pastizal disminuyó 2,245.11 ha, aunque esta última en el periodo de 1986 a 2001 disminuyó considerablemente y a partir de este año a 2004 se tuvo una recuperación, como se aprecia en el **Cuadro 3**.

**Cuadro 3.** Uso del suelo en la Cuenca de Valle de Bravo para los años 1986, 2001 y 2004

Uso	Superficie			
	1986 <sup>*</sup>	2001 <sup>**</sup>	2004 <sup>***</sup>	Cambio 2004 respecto 1986
Agricultura	18768.45	20842.12	17926.93	-841.52
Agua	1563.80	1710.84	1779.04	215.24
Bosque	32821.79	33397.21	35444.78	2622.99
Pastizal	7584.38	4739.49	5339.27	-2245.11
Zona urbana	854.58	903.33	1102.97	248.39
<b>T o t a l</b>	<b>61593</b>	<b>61593</b>	<b>61593</b>	

\*Raster utilizado: imagen de satélite landsat tm tomada el 14 de marzo de 1986.

\*\*Raster utilizado: imagen de satélite landsat tm+ tomada el 31 de marzo de 2001.

\*\*\*Información obtenida mediante recorridos de campo.

Es importante comentar que PROBOSQUE menciona que la Cuenca de Valle de Bravo se está viendo afectada por la tala clandestina, lo cual afecta la calidad de bosque más que la superficie, ya que el *modus operandi* de estos taladores es identificar los mejores árboles para comercializarlos a los aserraderos de la misma región; esta tala también es realizada por la misma gente de las comunidades, aunque en menor

intensidad, ya que en estos lugares se requiere de leña para realizar las labores domésticas y para construcción de viviendas. En no pocas ocasiones la superficie forestal se ve afectada por el crecimiento de las parcelas agrícolas hacia el bosque, situación que se ve en las comunidades de la cuenca alta en donde aún se realizan actividades agrícolas de subsistencia, aunque en el año en que se realizó el estudio por parte del IMTA se apreció que existe una superficie considerable sin sembrar, esto es porque en el poblado de Avándaro y Valle de Bravo existe demanda de trabajadores, los cuales son gente de las comunidades, que retoman estas actividades como actividad principal, pasando la agricultura a ser una actividad secundaria o en ocasiones actividad que se abandona.

## 2.4 Problemática Unidades de Riego

La Cuenca Valle de Bravo cuenta con 48 aprovechamientos que permiten el riego de 1,790 ha de un total de 4,244 ha que teóricamente debían ser beneficiadas. Es decir, se siembra sólo el 42.17% de toda la superficie que potencialmente podría irrigarse e integrarse a la agricultura, sin embargo, de los 23, 243 942 m<sup>3</sup> que podrían usarse en el total de la superficie, sólo se emplean 12, 929 446 m<sup>3</sup>, volumen que representa el 56% del total.

Por lo anterior, se establece que se emplea una lámina de riego proporcionalmente mayor a la superficie sembrada en aproximadamente 14 puntos porcentuales. Si la superficie sembrada y la lámina de riego correspondieran al 42.17% de sus totales respectivos, la lámina de riego sería de 9, 801 970.3 m<sup>3</sup>, por lo cual, en la actualidad se gastan en demasía 3, 127 476 m<sup>3</sup>

Son 37 aprovechamientos titulados, aunque existen además 11 no titulados y son 2,465 usuarios que usufructúan la tierra solamente a través de la agricultura, para lo cual emplean superficies y volúmenes de producción menores a los que potencialmente podrían usar. Permanece, en consecuencia, ociosa la mayor parte de la superficie susceptible de ser trabajada con riego.

Entre las causas principales que determinan esta situación figura el de tener bajos índices de utilidad y un minifundismo generalizado que impide tener una ganancia suficiente para establecer un proceso de acumulación progresiva. Esta situación, con diferencias internas, es propia de la generalidad de los usuarios, inclusive de los que disponen de medios para emprender cultivos más rentables.

Es sumamente reducida la cantidad de usuarios que disponen de parcelas con un tamaño suficiente para hacer de la agricultura una actividad económica sostenible.

El usufructo de la tierra se caracteriza por un minifundismo generalizado, que de acuerdo a la superficie y a la cantidad de productores, en promedio les corresponde menos de una hectárea y en la realidad poseen superficies más reducidas para la mayoría de los usuarios y muy pocos alcanzan más de 2 ha. Los casos en los que se expresa una mayor concentración de tierra son los de seis usuarios que sobrepasan las 20 ha y se ubican en las Subcuencas de El Carrizal, Yerbabuena, Río Tizates y Río Amanalco.

Hay tres tipos de tenencia de la tierra: ejidal, propiedad privada y comunal. Las dos primeras son las principales, la mayor superficie es pequeña propiedad pero la mayoría de los usufructuarios son ejidatarios, es decir, dentro del minifundismo en que se caracterizan los aprovechamientos de la Cuenca Valle de Bravo, los pequeños propietarios tienden a concentrar una superficie relativamente mayor a la de los ejidatarios



Los comuneros, por su parte representan una gran minoría de los usuarios, así como las tierras que detentan.

La Subcuenca del Río Amanalco es la principal área productora de granos y oleaginosas de toda la Cuenca de Valle de Bravo, representa el 47.29% de la superficie de riego de toda la cuenca y el 58.21% de la superficie cultivada, le sigue en importancia la Subcuenca Molino-Los Hoyos con una superficie total de riego de 1,785 ha (42.05% del total) en las que se cultivan 562 ha (31.39% del total que se cultivan). La superficie de las demás subcuencas (452 ha) representa el 10.65% del total.

En la superficie de la Subcuenca del Río Amanalco, se siembran más de 8 diferentes cultivos bajo el sistema de riego, además de que en los cultivos de haba, papa, avena/ebo, hortalizas, girasol trigo y frijol, se alcanzan los más altos promedios de productividad y superficie sembrada en toda la cuenca, por lo mismo representa el 79.27% del valor de la producción total de ésta, con un monto de 21'728,000.00.

En la Subcuenca Molino-Los Hoyos se siembra avena, chícharo, pasto criollo y existen reforestaciones maderables. Ya que presenta la zona ideal para la siembra de la avena, ésta alcanza el mayor índice de productividad en la cuenca. El valor de la producción que se alcanza en esta subcuenca es de \$4'287,000.00 que representa el 15.64% del valor total de la cuenca, además tiene documentado un total de 6'626,024.m3, de los cuales utiliza 4'440,023 m3, es decir, el 34.34% del volumen total.

Las demás subcuencas documentan un total de 3'583,798 m3 y utilizan 1'336,731 m3 de agua que representa el 10.33% del volumen utilizado en la cuenca.

En el área de la Subcuenca del Río Amanalco se encuentran 1,653 usuarios de riego (65.05% del total de usuarios de la cuenca) y se consumen 13'034,120.m3 del volumen documentado de agua (56.07% del total del recurso documentado que se consume en la cuenca) y 7'152,692 m3 del recurso utilizado (55.32% del volumen utilizado).

En la Subcuenca Molino-Los Hoyos se encuentran 679 usuarios poseedores de terrenos de riego, es decir, el 27.54% del total de usuarios.

El resto de las demás subcuencas tiene un total de 133 usuarios de riego, con 8 aprovechamientos titulados y 1 no titulado en la que se genera un valor de producción total de \$1'395,000.00 que representa el 5.08% del valor de la producción total de la cuenca.

En la Subcuenca del Río Amanalco, se generan 66,225 jornales al año, que representan el 46.21% del total de jornales que se generan en la Cuenca de Valle de Bravo

En la Subcuenca Molino-Los Hoyos se generan 10,551 jornales anuales, producto de la actividad agrícola de riego, que representan el 6.69% del total.

El resto de las subcuencas generan 3,570 jornales es decir, el 2.26% del total.

En promedio, los usuarios obtienen una utilidad bruta de \$492 individualmente al año, dado que sólo realizan un cultivo.

Así, el minifundismo que les caracteriza, los altos costos de producción y las difíciles condiciones de mercado que enfrentan integran una situación en la que la agricultura no representa una actividad económica predominante en la economía de la gran mayoría de las familias.

Son casos poco representativos ante el total de 2, 465 usuarios los que podrían perfilarse hacia una agricultura rentable a partir de las superficies irrigadas con que cuentan. La diferencia sustancial con los productores minifundistas de temporal en las subcuencas donde se encuentran es que la producción de las superficies bajo riego representa un complemento a su economía de carácter monetario y una productividad y utilidad comparativamente mayores.

Aunque una parte de los usuarios participan en diferentes organizaciones para administrar el agua, para apoyar su línea de producción en la agricultura e inclusive en la ganadería y la piscicultura y una parte de los ejidatarios participan en organizaciones superiores, no han conformado un núcleo de agricultores que estén en la posición de ingresar a una agricultura rentable.

En este contexto, hay diferencias internas entre los productores, hay un minifundismo más acentuado entre los ejidatarios, una minoría dispone de varias hectáreas y los cultivos más rentables y de mayor inversión son llevadas a cabo por una cantidad reducida de productores.

## **2.5 Problemática agua potable, alcantarillado y saneamiento**

La problemática de la infraestructura sobre agua potable, saneamiento y alcantarillado, según la visión de los organismos del agua, se estructuró con los testimonios vertidos por un organismo operador municipal descentralizado, 61 organismos prestadores de estos servicios que atienden directamente los Ayuntamientos, y 12 representantes de las localidades donde existen Comités de Agua.

Fueron en total 74 entrevistados, 69 del medio rural y 5 del medio urbano, distribuidos en poblaciones de 4 municipios: Valle de Bravo, Amanalco, Donato Guerra y Villa de Allende, que son parte de la cuenca Valle de Bravo, Edo. de México.

Se les plantearon interrogantes sobre los requerimientos de infraestructura en diversos plazos, sobre la problemática que identifican y sobre sus vínculos con las instituciones y sus respuestas se clasificaron en torno a diversos subtemas y se cuantifican porcentualmente en función del total de los entrevistados.

En el medio rural hay 57 organismos prestadores de los servicios, que corresponden a una cantidad ligeramente menor de localidades debido a que en algunos casos estos organismos atienden a más de una localidad. Hay 12 localidades que no tienen ningún tipo de organismo que les preste los servicios.

En el medio urbano hay 2 organismos que atienden cada uno a un asentamientos urbano: Valle de Bravo y Amanalco.

## 2.5.1 *Requerimientos de infraestructura*

### 2.5.1.1 *Agua potable*

Con relación a la infraestructura para el agua potable el 83.78% hizo algún planteamiento de necesidad de infraestructura a corto plazo, el 16.22% no dio respuesta y el 2.70% no identificó alguna necesidad al respecto.

El 18.92% de los entrevistados plantean el problema de insuficiencia de agua para las comunidades y consecuentemente consideran necesario incrementar el volumen de agua potable para las comunidades a través de:

- extender la red de distribución
- de aumentar el diámetro de la tubería y
- de aumentar el volumen de extracción de agua.

El 17.57% de los entrevistados plantean construir, rehabilitar o ampliar la red de distribución de agua potable.

El 13.51% considera la necesidad de cambiar la tubería por su avanzado estado de deterioro, o por el tipo de material utilizado.

El 10.81% enfatiza la necesidad de construir tanques de almacenamiento dado que actualmente no cuentan con ellos.

El 6.76% considera necesario contar con materiales de repuesto, como tuberías, válvulas, llaves, para mantener funcionando la red de distribución.

Además hay diversas necesidades como la reparación de bombas, traer agua de otro manantial, cercar manantial para protegerlo de la basura, elevar más el tanque de almacenamiento para aumentar la presión, etc., que en total representan al 12.16%

Así, la principal necesidad inmediata para las localidades rurales y urbanas es aumentar el volumen de agua potable destinado al consumo humano, representan el 36.49% del total, las demás necesidades relacionadas con la rehabilitación de obras de infraestructura, cambios de tubería, tanques de almacenamiento y otros, representan al 44.59% y el 18.92% de los organismos prestadores de estos servicios no planteó ningún requerimiento a corto plazo.

Las obras de infraestructura a mediano plazo fueron planteadas sólo por el 40.54% de los entrevistados.

El 8.11% plantea la ampliación de la red de distribución, su rehabilitación o incrementar el volumen de agua recibida trayéndola de otro manantial. El 5.41% plantea aumentar el volumen de agua recibido a través de ampliar el diámetro de la tubería.

El 6.76% plantea la necesidad de contar con válvulas de paso.

El 4.05% plantea construir o ampliar tanque de almacenamiento, cisternas o piletas. Otra cantidad igual opta por el cambio de la tubería.

Todas estas necesidades son planteadas por las comunidades rurales.

Respecto a las comunidades urbanas y rurales, el 6.76% plantean la ampliación de redes de distribución para dar cobertura a todas las viviendas. El resto son planteamientos minoritarios relacionados con la sustitución de equipos de bombeo y la disposición de tubería con carácter de refacción.

Así, la principal demanda es el aumento del volumen de agua potable, los organismos que lo plantean, todos son de comunidades rurales y representan el 13.52%. El 27.02% se integra por 6 tipos de demandas diferentes y el 59.46% no se manifestó en ningún sentido.

Los planteamientos sobre las obras de infraestructura a largo plazo fueron los más reducidos, solamente lo hizo el 29.73%

La demanda expresa de recibir más agua es manifiesta por el 6.76 % y los que plantean ampliar la red de agua potable o traer el líquido de otro manantial representan el 9.46 %, el 2.70% plantea la necesidad de una bomba o de contar con otra más y en proporciones muy pequeñas, que en total suman el 5.41% plantean la necesidad de que el agua se purifique, que se construyan un depósitos y que se cuente con una red de alcantarillado.

Así, la necesidad de más agua a largo plazo es manifiesto por el 16.22% de los entrevistados, el 13.51% plantea diversas demandas y el 70.23% no se manifestó en ningún sentido.

### **2.5.1.2 Alcantarillado**

El 35.14% de los entrevistados identificó alguna necesidad de infraestructura de alcantarillado. La principal necesidad a corto plazo es la construcción de una red de alcantarillado o drenaje, así lo plantea el 21.62% de los representantes.

Hay además otras demandas, como la construcción de fosas sépticas, la construcción de un tanque de almacenamiento de aguas negras para evitar la contaminación del agua subterránea y en el medio urbano se enfatiza en la creación de emisores y en la modificación de los colectores generales en algunas zonas.

A su vez, el 2.70% expresa que no hay ninguna necesidad de alcantarillado a corto plazo

Respecto a la infraestructura a mediano plazo sólo el 9.46% hacen algún planteamiento. El 4.05% manifiesta la necesidad de contar con una red de drenaje y en cantidades menores indican la necesidad de tener una planta de tratamiento en un fraccionamiento residencial, la regularización de las descargas y la instalación de un colector general.

Las obras propuestas a largo plazo son planteadas por el 13.51% y la mayoría, compuesta por el 6.76% y todos del medio rural, también consideran como lo más importante la introducción de una red de drenaje. En segundo término, el 5.41% plantea la necesidad la construcción de plantas de tratamiento.

En este contexto, la gran mayoría no define algún requerimiento sobre el alcantarillado y entre los que lo hacen predomina la necesidad de introducir una red de alcantarillado y siempre en referencia a localidades rurales. En segundo plano se identifica la necesidad de contar con más plantas de tratamiento de aguas residuales, ya que solamente se tiene en Valle de Bravo y una próxima a operar en Amanalco.

Asimismo, los planteamientos sobre la red de atarjeas son muy reducidos, a corto plazo plantea el 1.35% la construcción de una red de atarjeas, a mediano plazo también el 1.35% plantea la construcción de una red de atarjeas y en proporción similar plantean la captación y separación de aguas residuales y pluviales. A largo plazo, también el 1.35% considera importante dicha separación.

### **2.5.1.3 Protección de captaciones y almacenamientos**

EL 50% de los informantes identificaron diversas necesidades de infraestructura a corto plazo en materia de protección de captaciones.

Para la mayoría, compuesta por el 14.86%, la principal demanda a corto plazo consiste en cercar el manantial y eventualmente también los tanques de almacenamiento con malla ciclónica a fin de protegerlos de los animales, de la basura y como seguridad de la propia infraestructura.

En segundo lugar, el 9.46% de los entrevistados coinciden en la necesidad de rehabilitar y ampliar el tanque de almacenamiento, debido a su deterioro físico y a la mayor demanda de agua, o bien, a la construcción de un depósito junto al manantial para evitar pérdidas por infiltración.

En tercer lugar, el 6.76% plantea la necesidad de contar con un volumen de agua mayor, por lo que se manifiestan por la opción de traer agua de un manantial adicional.

El 18.92% restante expresa diversas demandas, como hacer reparaciones en el tanque de almacenamiento, alguna obra de captación, un camino de acceso al manantial, modificar los ductos en mal estado, etc.

Además el 5.41% indica que no hay necesidad de ninguna obra.

Respecto a las necesidades de obras de captación a mediano plazo sólo el 12.16% expresó alguna necesidad. El 4.05% indica la necesidad de cercar la zona de captación para evitar su contaminación. El 2.70% plantea la construcción de depósitos de almacenamiento y otra proporción igual de entrevistados opta por disponer de agua de otro manantial. Los demás indican la necesidad de hacer cambios de válvulas o de contar con el servicio de alguien que opere la distribución del agua.

Las necesidades a largo plazo se redujeron al 5.41% de los entrevistados que se manifiestan principalmente por contar con otro depósito y en segundo lugar por cercar la zona de captación y por dar mantenimiento a las obras.

La menor parte del total de los entrevistados identificó las necesidades en torno a las obras de captación. Se concentraron en las de corto plazo y en función del cercado de las áreas de captación y de la ampliación o la construcción de tanques de depósito.

#### **2.5.1.4 Colectores**

Las propuestas respecto a los colectores fueron aisladas y relacionadas con aspectos diferentes. En el medio urbano se manifestaron necesidades a corto plazo de contar con sistemas troncales para la regularización de emisores, así como interconectar colectores, específicamente entre las localidades de Loma Bonita y Colorines.

A largo plazo se planteó la necesidad de contar con sistemas integrales de desalojo de aguas residuales.

Los planteamientos sobre la problemática del emisor son mínimos, se reducen a indicar la separación, ampliación y mantenimiento de los existentes, cada uno en distinto plazo.

#### **2.5.1.5 Plantas de tratamiento de aguas residuales**

Solamente el 6.76% de los entrevistados hizo alguna indicación a corto plazo respecto a la planta de tratamiento y el 2.70% manifestó la necesidad de construir otra planta para evitar la contaminación de los ríos.

Los planteamientos a mediano plazo representaron el 4.05% y el 1.35% y abundó sobre la necesidad de construir otra planta.

Los planteamientos a largo plazo alcanzaron el 5.41% y el 2.70% incide en la construcción de una nueva planta de tratamiento. Los demás manifiestan la automatización de la planta y otros aspectos diferentes.

#### **2.5.1.6 Tanques de distribución**

El 25.68% de los entrevistados indicaron diversas necesidades a corto plazo relacionadas con los tanques de distribución. El principal planteamiento es la construcción de uno o más tanques de distribución para solucionar problemas de presión, para abastecer determinadas áreas habitacionales y en ocasiones indicando que su capacidad debe ser mayor a la actual. Representan al 17.57% de los entrevistados. Los demás planteamientos son diferentes y aislados, se relacionan con el cercado de los tanque, darles mantenimiento, reparar filtraciones, además de que el 2.70% indica que no hay ningún problema al respecto.

Los planteamientos a mediano plazo sólo representan el 2.70% y consisten en contar con tanque de mayor capacidad y en la reparación de las filtraciones. Los planteamientos a largo plazo también tienen la misma cantidad y consisten en construir un tanque de distribución.

#### **2.5.1.7 Embalse de la presa Valle de Bravo**

Las opciones presentadas en torno a la laguna se reducen a una expresión mínima que en diferentes plazos hacen referencia a su proceso de eutroficación y consecuentemente se plantea que se haga un dragado y se quite la maleza acuática.

### **2.5.1.8 Potabilización**

El 43.24% de los entrevistados manifestaron un planteamiento respecto a la potabilización del agua en el corto plazo y la mayoría, compuesta por el 27.03%, expresó que es necesaria la clorar el agua y establecer un programa al respecto, añadiendo en algunos casos la petición de analizar el agua.

El 5.41% opta por la necesidad de evitar la contaminación del agua con basura para lo cual es necesaria alguna protección física del manantial.

También el 5.41% manifiesta la necesidad de contar con una planta potabilizadora, otra proporción igual se manifiesta por la compostura o sustitución del inyector del cloro y en porcentajes menores se indican otras necesidades como la de un filtro para el agua.

La potabilización del agua a mediano y largo plazo es un aspecto casi desierto en los planteamientos vertidos por los entrevistados. A mediano plazo hay indicaciones aisladas para proteger el manantial o emplear gas cloro. A largo plazo sólo se indica el monitoreo y análisis del agua

## **2.5.2 Problemática**

### **2.5.2.1 Problemática física**

El 22.97% de los entrevistados planteó necesidades en torno a la problemática física de la infraestructura.

El 5.41% plantea cambiar el tipo de material de la tubería por mal estado o por no ser de las características de diseño requeridas.

Además hay 5 problemas distintos y cada uno representa al 1.35% de las repuestas:

- Fisuramiento de cisterna
- Carencia de pileta y flotador para cada vivienda
- Tubería rota con el paso del río en tiempo de lluvias
- Pérdida de agua en su distribución
- Distribución del agua que no abarca a todas las viviendas

Asimismo, el 4.05% de los entrevistados manifiesta que no hay problemas de carácter físico en la infraestructura.

En el medio urbano sólo se indicó en lo general la falta de infraestructura y representa al 1.35% de las respuestas.

### **2.5.2.2 Problemática de operación**

La problemática relacionada con la operación de la infraestructura fue mencionada sólo por el 9.46% de los entrevistados y los que identifican algún problema representan al 4.05%

En el medio rural el 1.35% de las respuestas indica la falta de una organización interna eficiente que administre el agua y en igual proporción manifiestan que en el estiaje el consumo de agua en jardines deja sin agua a las partes altas de la cuenca debido a una mala organización.

En el medio urbano, también el 1.35% manifiesta que hay falta de control y de supervisión en el manejo de la infraestructura.

El 4.05% expresó una respuesta en el sentido de que no hay problemas de operación y la gran mayoría no hizo algún planteamiento acerca del tema.

### **2.5.2.3 Problemática principal**

En la identificación de la problemática principal participó la mayoría de los entrevistados, el 83.89% hizo algún planteamiento y todos los casos correspondieron al medio rural.

El 32.43% de las respuestas conforman grupo mayor que identifica a la carencia de agua como el problema principal y expone diferentes matices:

- Es prioritario abastecer a las comunidades antes que enviarla a la ciudad de Valle de Bravo.
- La perforación de pozos en los fraccionamientos disminuye el agua para uso doméstico y agrícola. Algunos fraccionamientos piden agua a los pueblos una vez que se han asentado en la cuenca.
- Conservar los manantiales porque están agotando su capacidad debido a las concesiones otorgadas a los fraccionamientos residenciales.
- Cada año se constata que los manantiales traen un caudal menor
- Urge captar más volumen de agua
- Se requiere tubería de mayor diámetro para captar más agua
- Ampliar la red de agua potable
- Se requiere de otro manantial porque en el estiaje es insuficiente el agua
- Una parte de las viviendas no recibe agua a través de la red debido a que hay más casas y han introducido tubería con diámetros mayores.
- Ante la falta de agua se distribuirá cada tercer día.

El 8.11 % de las respuestas se relaciona con la presión insuficiente del agua que ocurre en las partes altas o bien cuando la tubería tiene un trazo con muchas vueltas o a los niveles en que ubican el manantial, el tanque de almacenamiento y las viviendas.

Dos planteamientos tuvieron por separado el 5.41% de las respuestas, el primero corresponde al problema del desperdicio del agua debido a fugas o descuido, al empleo del agua potable como agua para riego, aspectos relacionados con la desorganización de las comunidades para resolver este problema. El segundo planteamiento corresponde a la necesidad de cambiar la tubería que es de poliducto o de PVC, dado que tiene roturas, no resiste la presión del agua, etc.

Hay dos grupos de 4.05% de las respuestas, el primero plantea la construcción de una red de drenaje para Avándaro y de drenaje domiciliario y el segundo indica la mala regulación de las válvulas o deterioro de éstas, lo que ocasiona que no se abastezca con agua potable a todas las viviendas.



Hay un grupo de cinco planteamientos respaldado cada uno por el 2.70% de los entrevistados y se distribuye de la siguiente manera:

- Carencia de sistema de agua potable
- Problemas legales relacionados con la dotación y con una reserva ecológica
- Contaminación de manantial con agua del río o por otras causas
- Falta de materiales relacionados con la tubería y cambio de su trazo
- Problemas de operación del agua potable con el organismo operador o con el prestador.

Además hay otro grupo de cinco planteamientos, cada uno con el 1.35% de las respuestas dadas por los entrevistados y son los siguientes:

- Fisuramiento en cisterna
- Varias redes de distribución en un mismo manantial
- Falta de subsidio al consumo de energía eléctrica
- La lluvia ensucia un cárcamo
- Descompostura de bomba

### **2.5.3 Interrelación con dependencias, instituciones y organizaciones**

El 70.27% de los entrevistado hicieron algún planteamiento respecto a la interrelación que mantienen con dependencias, instituciones y organizaciones.

Mayoritariamente manifiestan que no mantienen ningún vínculo con ellas en torno a la administración y mantenimiento del agua potable. Son opiniones que representan al 41.89% y en su totalidad proceden del medio rural.

El 28.38 % de los entrevistados, en contraparte, identifican una interrelación con diversas instituciones y con diferentes características.

EL 17.57% plantea que hay una relación con el organismo operador de Valle de Bravo APAS, el cual a su vez, la caracterizan de diferente manera:

- EL 13.51% expresa que la interrelación con APAS ha sido benéfica para obtener el agua potable, la tubería, la cloración del agua y materiales diversos.
- 2.70% plantea que ha recibido apoyos de manera irregular, a veces por la carencia de recursos económicos.
- 1.35% manifiesta que la relación es mala porque no suministran el agua a una parte de los habitantes y siempre se cobra por el líquido.

El 6.76% indica que han tenido una relación con diversas instituciones como la Comisión Nacional del Agua, la Comisión de Aguas del Estado de México y los Ayuntamientos.

El 2.70% manifiestan que no se interrelacionan con las instituciones y que además quieren continuar con la administración del agua de sus respectivas localidades.

El 1.35% indica que se les construyó el sistema de agua potable pero aún no disponen del agua

#### **2.5.4 Apoyos de dependencias y de grupos organizados**

El 85.14% de los entrevistados manifestaron una opinión respecto a los apoyos recibidos de para de los ayuntamientos y de otras dependencias y se subdividen entre el 25.68% que plantean que no han recibido ningún apoyo y el 59.46% que afirma la existencia de esos apoyos.

El 44.59% de los entrevistados manifiestan que los ayuntamientos les han apoyado de diversas maneras:

- El 17.57% a través de tubería y materiales diversos
- El 9.46% a través de la cloración del agua.
- El 9.46% de los entrevistados indican que los ayuntamientos municipales aportaron ayuda solamente cuando fue introducida principalmente el agua potable a las localidades.
- El 4.05% de los entrevistados sólo manifiestan que han recibido poco apoyo de los ayuntamientos municipales.
- 4.05% diversos

El 8.11% de los entrevistados señala al organismo operador APAS de Valle de Bravo como la dependencia de la que han recibido materiales y asesoría técnica para introducir el agua potable.

El 6.76% de los entrevistados indican que han solicitado o se les ha ofrecido apoyo sin que se haya cumplido, particularmente de parte de los ayuntamientos municipales o de los presidentes municipales.

#### **2.5.5 Consideraciones finales**

Las respuestas vertidas por los representantes de los organismos del agua sobre los diferentes temas se concentraron fundamentalmente en el tema de la infraestructura de agua potable, que en el contexto de las necesidades a corto plazo tuvieron el 83.78% de las respuestas y en segundo término el tema de las captaciones con el 50% de respuestas.

Los temas que siguieron en la magnitud de respuestas recibidas son la potabilización con el 43.23% y el alcantarillado con 35.14%

Los demás temas tuvieron pocas respuestas, el de tanques fue del 25.68% y los de la, embalse o vaso de la presa, el emisor, colectores y las atarjeas tuvieron menos respuestas hasta llegar al 1.35%.

Las observaciones en torno a las necesidades de mediano plazo disminuyeron en lo general, pero la mayoría continuó siendo lo relacionado con el agua potable, que recibió el 40.54% de las respuestas, siguió el tema de las captaciones con el 12.16% y los demás temas tuvieron respuestas menos significativas, como

los de alcantarillado, potabilización, colectores, tanques, atarjeas, laguna y emisores, que inclusive tuvieron respuestas del 1.35%

En el aspecto de los requerimientos a largo plazo, la afluencia de respuestas disminuyó aún más, el tema del agua potable siguió siendo el que recibió más respuestas pero ahora del 29.76%; le siguió el tema del alcantarillado con el 13.51% y los demás tuvieron menos respuestas, como fueron las captaciones, la planta, los tanques, los colectores, la laguna, la potabilización y los emisores. El tema de las atarjeas no recibió respuestas.

La mayor claridad e interés en solucionar los problemas más apremiantes y a corto plazo por parte de los organismos del agua, en su gran mayoría rurales, se expresa en que sea la principal necesidad la de contar con un mayor volumen de agua potable, situación que se vincula con las captaciones.

Tanto en los requerimientos de infraestructura como en la definición del problema principal se coincide en el aspecto de disponer de más agua potable y, contrasta con el tema del drenaje, que en pocos casos es definido como un problema urgente.

Asimismo, al organismo operador de Valle de Bravo se le identifica principalmente como la institución con la que más se relacionan, pero no de la que más se reciben apoyos, puesto que principalmente se menciona a los ayuntamientos como los principales órganos que aportan apoyos relacionados con el agua, el drenaje y el saneamiento.

## 2.6 Calidad del agua en el embalse y afluentes

Para realizar el diagnóstico del comportamiento de la calidad del agua tanto de los principales afluentes como de la presa Valle de Bravo, se recurrió a obtener información principalmente de estudios previos realizados por la Comisión Nacional del Agua (CNA) a través de la Gerencia Regional de Aguas de Valle de México y Sistema Cutzamala (GRAVAMEXSC).

Los estudios que ha realizado la CNA se dividen en dos etapas principales, la primera de ellas es del periodo comprendido de 1997 a 2001, tiempo en el cual se monitoreaban 13 sitios que incluían tanto arroyos como manantiales de la subcuenca del río Amanalco. El segundo período comprende de 2002 a 2005 que para entonces se monitoreaban los siguientes puntos:

Puntos por embalse	Cauces a monitorear
Centro	Río Chiquito.
Confluencia Río Amanalco	Arroyo Los González
Confluencia Río Los	Río Amanalco
González	Efluente de la Presa
Cortina	Río Tizates
Río Tizates	

Sin embargo se tiene como antecedente otros estudios iniciales de cuando se empezaron a realizar determinaciones de parámetros de la calidad del agua para saber el estado actual de la calidad en los embalses y en diversos arroyos.

Con la información obtenida se procedió a realizar un análisis para diagnosticar cómo ha sido la evolución de la calidad del agua a través del tiempo, y este se presenta en los siguientes apartados.

En el **Cuadro 4** se presentan los valores promedio de parámetros de calidad del agua de acuerdo a los diferentes estudios que se han realizado en la presa Valle de Bravo.

**Cuadro 4.** Características fisicoquímicas y bacteriológicas en la presa de Valle de Bravo de acuerdo con los diferentes estudios que se han realizado

Parámetro	Valor promedio (CNA/IDECA 1999)	Valor promedio (CNA/IDECA 2000)	Valor promedio (CNA/IMTA 2001) nivel superficial	Valor promedio (CNA/ACUAGRANJAS, 2002)	Valor promedio (CNA/ACUAGRANJAS, 2003)	Valor promedio (CNA/ACUAGRANJAS, 2004)
pH	6.8	7.1	8.7	7.12	6.06	8.5
Conductividad (µmhos/cm)	133	126	108.67	146.94	125.35	137.5
Turbiedad (UTN)	3.6	3.8	nd	5.5	8.97	23.74
Alcalinidad (mg/l)	81.7	92.4	nd	65.5	81.5	89.2
Dureza total (mg/l)	76.1	84.7	nd	58.7	71.5	59.2
Transparencia (m)	1.4	2.23	1.41	1.26	nd	1.3
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	5	nd	nd	4.24	5.8	3.2
DQO (mg/l)	8	8	13.56	10.33	11	6.18
NTK (mg/l)	0.74	0.68	nd	0.57	0.52	0.40
N-amoniaco (mg/l)	0.08	0.12	0.37	0.14	0.21	0.24
Nitritos (mg/l)	0.006	0.003	0.028	0.02	0.14	0.01
Nitratos (mg/l)	0.106	0.116	0.232	0.106	0.184	0.20
Fosfato total (mg/l)	0.145	0.066	nd	0.182	0.071	0.034
Ortofosfatos (mg/l)	0.024	0.004	0.176	0.077	nd	nd
Grasas y aceites (mg/l)	0.2	0.33	nd	0	0.4	0.87
SAAM (detergentes) (mg/l)	0.104	0	nd	0.011	nd	nd
Sólidos Totales (mg/l)	107	126	nd	105.91	93.05	91
Sólidos Totales Fijos (mg/l)	36	40	nd	23.63	25.76	26.1
Sólidos Total Volátiles (mg/l)	71	86	nd	81.19	67.2	65
Sólidos Disueltos Total (mg/l)	82	92	nd	97.18	83.58	82.58
Sólido Suspendido Total mg/l	25	34	nd	8.74	9.47	8.41
Coliformes Total NMP/100 ml	9000	19	nd	7021.44	6477.91	5379.81
Coliforme Fecal NMP/100 ml	120	4	nd	3401.66	4012.75	508.18

nd= No determinado

En el **Cuadro 5** se presenta el conglomerado de resultados de calidad del agua de los estudios que se han realizado en los diferentes años en los cauces afluentes de la presa Valle de Bravo.

**Cuadro 5. Calidad del agua en los cauces de la Presa Valle de Bravo**

Parámetro	C.E.C.A. AB. AGUA POTABLE	C.E.C.A. PROT. VIDA ACUÁTICA	CNA/IDECA, 1999	CNA/IDECA, 2000	CNA/ACUA GRANJAS, 2002	CNA/ACUA GRANJAS, 2003	CNA/ACUAG RANJAS, 2004
Temperatura Agua (°C)			17.0 ± 1.1	17.6 ± 2.4	18.2	20.55	18.64
Oxígeno Disuelto (mg/l)	4	5	8.0 ± 0.6	8.1 ± 0.3	6.34	7.59	9.05
PH	05-Sep	I	6.4 ± 0.5	6.5 ± 0.5	7.2	7.5	7.22
**Conductividad (µmhos/cm)			107 ± 55	105 ± 43	203	105.67	106.04
Turbiedad (UTN)	Cond. Nat.		6.4 ± 12.0	7.0 ± 7.5	18.8	8.91	59.50
Dureza total (mg/l)			62.1 ± 15.6	76 ± 7	63.5	65.58	53.27
Alcalinidad (mg/l)	400	II	68.1 ± 21.3	79 ± 16	76.5	76.98	81.82
Cloruros (mg/l)			11.5 ± 2.7	ND	ND	ND	ND
DBO <sub>5</sub> (mg/l)			< 1	ND	4.3	4.6	2.12
*DQO (mg/l)			6 ± 5	11 ± 1	8.8	12.63	25.99
NTK (mg/l)			0.475 ± 0.332	0.35 ± 0.12	0.8	0.547	0.406
N-NH <sub>3</sub> (mg/l)		0.06	0.04 ± 0.10	0	0.4	0.295	0.478
N-NO <sub>2</sub> (mg/l)	0.05		0.006 ± 0.005	0.002 ± 0.004	0.04	0.023	0.026
N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	5		0.458 ± 0.345	0.516 ± 0.418	0.09	0.152	0.106
Fosfato Total (mg/l)			0.208 ± 0.263	0.061 ± 0.051	0.23	0.135	0.146
Ortofosfatos (mg/l)	0.1	III	0.018 ± 0.035	< 0.001 ± 0.00	0.13	ND	ND
Grasas y aceites (mg/l)	Ausente	Ausente	0.3 ± 0.7	1	0.5	0.8	1.186
SAAM (mg/l)	0.5	0.1	0.01 ± 0.03	0	0.012	ND	ND
Sulfatos (mg/l)	500	0.005	4.1 ± 4.6	ND	3.1	6	5.95
Silicatos (mg/l)			35.8 ± 11.8	ND	ND	ND	ND
Sólidos Sedimentables (mg/l)			0.2 ± 0.5	0	ND	ND	ND
Sólidos Totales (mg/l)	1000		152 ± 111	158 ± 68	165.7	120.5	411.5
Sólidos Total Volátiles (mg/l)			109 ± 94	108 ± 58	129.2	93	317.68
Sólidos Totales Fijos (mg/l)			41 ± 33	49 ± 12	36.5	27.5	93.83
Sólidos Disueltos Total (mg/l)	500		85 ± 36	116 ± 38	98.7	102.83	219
Sólido Suspendido Total mg/l	500		66 ± 95	42 ± 34	67	17.66	194.17
Coniformes Totales NMP/100ml			ND	ND	1,407,995.00	255,719.00	1'249,112.73
Coniformes Fecales NMP/100ml	1000	200	,	ND	549,007.50	65,377.00	304,781.45

ND= No Determinado.

No podrá haber variaciones mayores a 0.2 unidades tomando como base el valor natural.

II La alcalinidad natural no debe reducirse en más del 25%, ni cuando esta sea igual o menor a 20 mg/l.

III En influentes de los embalses, el fósforo no debe excederse de 0.05 mg/l; dentro del embalse, menor a 0.0059 mg/l, y para ríos hasta 0.1 mg/l.

\* La OMS considera un límite máximo permisible de 10 mg/l de DQO en aguas para abastecimiento público.

\*\* De acuerdo con la SARH (1979) conductividades menores de 250 µmhos/cm se clasifican en excelente calidad.

### 2.6.1 *Calidad del agua en la subcuenca del Río Amanalco*

Durante los años 1994 a 2001, el IMTA realizó un monitoreo sistemático en puntos específicos del cauce, mismo que atraviesa zonas agrícolas y silvícolas, granjas ganaderas y frutícolas, así como comunidades aisladas y pueblos. A continuación se mencionan dichos puntos de muestreo:

1. Arroyo Yazmín, ubicada en Huacal Viejo 50 m arriba de la salida del bosque,
2. Arroyo El Faro, ubicada en Agua Bendita, 50 m arriba del Auditorio cerca de un tiradero
3. Río La Cascada, ubicada después de Rancho Feshi,
4. Río La Garrapata, ubicada en Amanalco de Becerra, 100 m arriba de confluencia con Río Amanalco
5. Río Amanalco después de San Bartolo y por último,
6. Río Amanalco, antes de la desembocadura a la Presa Valle de Bravo.

Se realizó una corrida de datos por punto de muestreo, lo que permitió observar el comportamiento de los diversos parámetros para cuantificar la calidad del agua del Río Amanalco conforme se acerca a la desembocadura de la presa Valle de Bravo.

Debido a lo anterior, se puede concluir que conforme se acerca a la desembocadura de la presa Valle de Bravo, existe un incremento de los valores fisicoquímicos. Otro punto a observar, es que los valores de Arroyo Yazmín son altos (este es un sitio localizado muy arriba como a 2900 msnm), y que por consecuencia, estos valores se incrementan en el recorrido del río. También podemos mencionar que los valores se elevan al inicio de la temporada de lluvias, y por último, que los valores de parámetros son en la mayoría de los casos, y para todos los puntos, inferiores a los límites máximos permisibles dispuestos en las normas, exceptuando Sólidos Suspendidos Totales, mismo que es analizado con más detenimiento.

En el año de 2004, la CNA contrató a la empresa Acuagranjas para la Identificación de Alternativas de Saneamiento en la Actividad Acuícola para la Protección de las Fuentes de Agua Potable en la Cuenca Valle de Bravo, Estado de México. En dicho estudio, recopiló la información existente sobre las granjas que operan en la Cuenca Valle de Bravo e impacto en la calidad del agua de los cauces que desembocan en la presa.

De la información relevante obtenida es que en el curso de los cauces entre grupos de granjas existen dos cuerpos de agua, mismos que funcionan como grandes sedimentadores “naturales” a lo largo del cauce del río Los Hoyos, el primero la presa Corral de Piedra que incluso está declarado Santuario del Agua por el Gobierno del Estado de México, y se vincula directamente con nueve granjas y Laguna Capilla Vieja, que es natural y se vincula directamente con cinco granjas.

Otra información relevante del estudio es el comportamiento del cauce hasta su desembocadura y el impacto que tiene la actividad acuícola en la contaminación de los cauces, y por último, la propuesta de utilizar sedimentadores y humedales artificiales para disminuir la contaminación proveniente de esta actividad.

Se indican una serie de datos recopilados del 2003 sobre la calidad del agua a la entrada y la salida de la mayoría de las granjas frutícolas. Esta información valida la calidad del agua de toda la cuenca, ya que las truchas requieren de agua de excelente calidad, aunque dicha información fue tomada en una fecha y hora única en cada granja, cuyos valores no son representativos del manejo de las granjas, ya que para tener parámetros adecuados de evaluación se requieren monitoreos constantes, al menos de 24 horas, en épocas

determinadas, particularmente durante los tiempos de mayor actividad en las granjas, como son los días de cosecha, de limpieza de estanques, de muestreo de peces, de cambio de peces de estanque en estanque, entre otros.

Este análisis permitió corroborar que la calidad de agua que entra a las granjas es casi de la misma calidad al momento de la salida, y en algunos casos es mejorada por las granjas, al servir los estanques de engorda de sedimentadores de sólidos suspendidos.

Un ejercicio que resultó interesante del estudio realizado por CNA/ ACUAGRANJAS 2004, fue el dar a conocer la cantidad de desechos que generan 500 ton de producción anual de trucha en Amanalco, tomando la información obtenida por Solbé J<sup>1</sup>., de la investigación realizada a 25 granjas de trucha en Gran Bretaña, dónde se obtuvo que en promedio generan por año 1,066 kg de materia en suspensión por cada tonelada de trucha producida. Con esa producción de trucha los valores de desechos serían como sigue:

Productos de deshecho generados en un cultivo de trucha /año	materia en suspensión promedio / año Ton/año	DBO	Amoniaco	Nitratos	Fosfatos	Fósforo total
ton/año	ton	ton	ton	ton	ton	ton
500	533	169	91.00	3.75	4.8	10.5

Kg/ton prod. = Kilogramos por cada tonelada producida.

**Fuente:** Calculado por Acuagranjas con datos de Solbé. J. Citado por Barnabé. G., (1996)

La generación de desechos de 500 toneladas de trucha cultivada es de 533 toneladas de materia en suspensión en un año, de 91 ton. de amoníaco; 3.75 ton de nitratos; 4.8 ton de fosfatos y 10.5 ton de fósforo total, cada año.

***Derivado del análisis de la información de la calidad del agua en Valle de Bravo desde 1987, se nota que la calidad del agua ha venido mejorando paulatinamente como resultado de las medidas de saneamiento aplicadas.***

El grado de eutroficación en el que se encuentra este cuerpo de agua, se debe principalmente a dos factores:

1. Al aporte antropogénico de nutrientes (fósforo, nitrógeno y azufre) y
2. Al aporte a través del sedimento.

***Las principales fuentes de contaminación que alteran la calidad del agua de estas importantes fuentes de abastecimiento, son producto de:***

- Descargas de aguas residuales municipales (presencia de organismos fecales en todos los muestreos),
- Erosión hídrica en la zona,
- Disposición inadecuada de residuos sólidos (en las zonas aledañas a los embalses) y
- Desarrollo de actividades náuticas motorizadas, entre otros.

<sup>1</sup> Barnabé, G. 1996, Bases biológicas y ecológicas de la acuicultura. Ed. Acribia España. 331-333 pp

- En la presa también se detectaron nutrientes. Las acciones que se llevan a cabo en la cuenca, han ayudado a disminuir la contaminación difusa identificada. El principal aportador de contaminantes en esta presa, es el río Tizates seguido de Los González y Amanalco.
- Es prioritario evitar que sigan ingresando a través del río Tizates, las aguas negras crudas al embalse.
- Valle de Bravo registra valores record de coliformes fecales, 92,000 y 160,000 NMP/g respectivamente, ubicándose muy por encima de los límites señalados en los CECA.

***Se reitera que los Criterios Ecológicos de la Calidad del Agua, no son suficientemente explícitos, completos ni apropiados para la evaluación de los ecosistemas acuáticos, en ninguno de los usos que están indicados (Agua Potable y Protección de la Vida Acuática), ya que no cubren todos los parámetros importantes ni consideran ninguno de los correspondientes a los sedimentos.***

- Por lo que se refiere al **fitoplancton** se encontró que las algas cianofitas y crisófitas han dominado durante todo el año, lo que indica un alto contenido de fósforo en el agua. En particular las cianofitas llegan a explotar sobre las otras debido a que tienen la ventaja de tomar el nitrógeno del aire, contra las otras que lo deben tomar del agua.
- Respecto a las concentraciones de clorofila al **embalse Valle de Bravo se clasifica como eutrófico a hipertrófico** (OCDE, 1982),
- Valle de Bravo todavía en el año 2000 era considerado como eutrófico y en cuatro años pasó a ser hipertrófico.
- Respecto a los **sedimentos** y las concentraciones de **aluminio** registradas, presentaron altas concentraciones de dicho metal.
- Los niveles de **Fósforo** registrados en algunas de las muestras tomadas en el embalse, rebasan los límites propuestos por Vollenweider (1983) y Manson (1991) de 0.035 y 0.02 mg/l, según estos autores los cuerpos de agua se considerarían como eutróficos. Esto ocurrió durante el periodo de estratificación del embalse.
- La toxicidad de los sedimentos muestra una moderada en Valle de Bravo.

## 2.7 Competencia por los diferentes usos del agua

Actualmente en la cuenca se perfilan principalmente seis tipos de problemas relativos al agua que implican real o potencialmente un conflicto entre sus usuarios, que se relacionan con el uso del agua en:

- a) Piscifactorías
- b) Uso mercantil del agua
- c) Escasez de agua para uso público urbano y doméstico
- d) Inundaciones,
- e) Afectaciones de tierra, vinculadas con la contaminación del agua, y



f) La extracción de agua del subsuelo.

**a) Uso del agua en piscifactorías**

En el municipio de Amanalco se ubican 62 granjas piscícolas, 54 regularizadas y 8 irregulares en el ejido Amanalco (73% del total de granjas en la cuenca) y emplean a la mayoría de los ejidatarios. Los dueños de las piscifactorías se oponen a la tala del bosque porque consideran que afecta al caudal de los manantiales y, consecuentemente, su producción.

Sin embargo, en diversos lugares han ocurrido confrontaciones entre grupos de piscicultores y las poblaciones que demandan un mayor volumen de agua para uso humano. Un caso representativo es el de San Bartolo, población que desde 2002 ha planteado su demanda de recibir más agua potable, la que pueden obtener de un manantial ubicado en Corral de Piedra pero el obstáculo aparente es que Amanalco no permite que se conduzca el agua a través de sus tierras. Sin embargo, es probable que la causa real sea la oposición de los piscicultores por la posibilidad de que esto atente contra sus intereses económicos al afectar su productividad.

Los piscicultores tienen la concesión del uso del agua pero esta nace en superficie ejidal, lo cual ha llevado a un diferendo entre ambas partes que representa un choque en los usos diferentes que se le quiere dar al agua.

Se plantea formar una asociación de localidades para hacer una entrega de agua potable eslabonada entre varios poblados, de esta manera San Bartolo entregaría agua a Rincón de Guadalupe, La Loma, Pueblo Nuevo, San Sebastián Chico y finalmente a San Bartolo. Así podrían los ejidatarios de San Bartolo hacer llegar el agua sin necesidad de que atravesase los terrenos de Amanalco.

Esta situación se repite en las secciones 1ª y parcialmente en la 2ª, y 3ª, de San Mateo, también Municipio de Amanalco, donde manifiestan que el agua es insuficiente y, en contraparte, los piscicultores no acceden para que el agua sea usada para consumo humano.

En otro caso, los agricultores de riego de Álamos, Municipio de Amanalco y Capilla Vieja, San Simón y Santa Rosa, Municipio de Valle de Bravo, consideran que los piscicultores impiden que el agua llegue al río. Plantean expresamente que no disminuya el volumen concesionado originalmente para el riego.

En el mismo contexto, la Unión de Ejidos "Gral. Emiliano Zapata" y los productores de las granjas acuícolas también mantienen diferencias en torno al uso del agua. Son conflictos que tienden a extenderse a diversos lugares y que hasta el momento se han expresado a través de gestiones administrativas, de algunas presiones políticas y de negociaciones en ciernes.

**b) Venta de derechos del agua**

Otro conflicto en torno al agua ha surgido por la práctica de vender los derechos de agua generalmente de los manantiales, a personas o sociedades constituidas en ranchos particulares, fraccionamientos residenciales. Esta práctica que ha crecido gradualmente en diversos lugares, particularmente del municipio de Valle de Bravo, ha agravado la necesidad de agua potable ante el crecimiento de la demanda de los pobladores.

Este tipo de conflictos tiene la particularidad de que son perjuicios para poblados enteros causados por autoridades o representantes de sectores sociales que han vendido el agua para beneficio personal o de grupos reducidos. Esta situación se fortalece ante una amplia demanda de agua por parte de personas o grupos económicamente poderosos.

Un caso representativo es el conflicto entre los municipios de Donato Guerra y Valle de Bravo por la pertenencia de la localidad de El Arco. Donato Guerra reclama a esta localidad como parte de los bienes de la comunidad indígena de San Francisco Mihualtepec. A la vez, es el municipio de Valle de Bravo quien proporciona los servicios urbanos. Este diferendo territorial y administrativo se complica aún más con el problema de que El Arco actualmente requiere de un volumen de agua mayor para satisfacer la necesidad de consumo humano y aunque la traen de de San Francisco Mihualtepec, Municipio de Donato Guerra y de San Gabriel Ixtla, Municipio de Valle de Bravo, no es suficiente y se necesita disponer de un volumen significativamente mayor.

A la vez, en la parte alta de San Francisco y en San Gabriel Ixtla no se acepta entregar agua para El Arco porque tienen un conflicto por la posesión de la tierra y del agua. En el ejido hay dos grupos, uno que se asentó en El Arco y que fue el que vendió mayoritariamente a personas particulares y consorcios la tierra y el agua de de San Francisco y de San Miguel Xoltepec.

El otro grupo de ejidatarios es el que se asienta en San Francisco y no permiten que se entregue más agua por la perspectiva de que también fuera negociada con los particulares.

Hay otros casos de venta del agua como el ocurrido en la 5ª. Sección de Polvillos, Municipio de Amanalco, donde se vendió el derecho de agua a un particular por lo que San Bartolo, también del Municipio de Amanalco, se niega a darle el agua aunque tenga 2 manantiales. En tanto Polvillos la obtiene del río para el regadío y el consumo humano.

La localidad de Cuadrilla de Dolores, Municipio de Valle de Bravo es otro caso en el que el agua se vendieron derechos de agua a particulares, afectando significativamente el volumen que disponían para la agricultura de riego y para el consumo humano.

Estos problemas han generado pocas expresiones pero generan inconformidades claramente manifiestas contra quienes participaron como compradores y como vendedores. Sin embargo, en otros lugares los vecinos han detenido las obras para conducir el agua de diversos manantiales por la desconfianza de que puedan ser hechas para beneficio de haciendas y ranchos particulares.

También se manifiesta el fenómeno de que hay cierta tolerancia entre algunos sectores de las poblaciones para permitir que el agua de los manantiales sea apropiada por los ranchos particulares debido a la expectativa que despierta la posibilidad de que esas propiedades representen una fuente de trabajo, aún a pesar de que sean a costa de la pérdida del agua. En otros lugares han cedido manantiales a cambio de infraestructura.

También ha sido común que determinados miembros de diversas localidades en forma subrepticia vendan desde las tomas de agua para consumo doméstico hasta los propios derechos de agua de los manantiales.

En esta práctica de la venta del agua, figura también la acción que realizan una cantidad considerable de pipas que en forma clandestina se apropian del agua de los manantiales para venderla a particulares o a empresas a un costo que varía de \$300 a \$500 el volumen de 10,000 litros.

### **c) Escasez de agua**

Hay localidades que por ubicarse en las parte altas padecen de escasez de agua, y en la cuenca baja hay una localidad que no tiene agua potable. Es la localidad de La Boquilla o Cerro de Cuautenco y se ubica en la rivera de la presa de Valle de Bravo.

Para satisfacer esa necesidad los habitantes la obtienen a través de las pipas que envía el organismo operador. Sin embargo, esta entrega habrá de suspenderse debido a que se le considera un asentamiento irregular por ubicarse en un área declarada reserva natural protegida.

Hay otras localidades que carecen de una red de agua para el consumo humano, como es el caso de Pueblo Nuevo, Municipio de Amanalco, por lo que cada familia debe acarrearla desde los manantiales.

Así también, hay localidades que no tienen manantiales propios, como es el caso de El Castellano, Municipio de Valle de Bravo, y dependen de convenios con otras localidades para obtener el líquido. En ese caso la localidad que se lo proporciona es San Juan Amanalco, pero en la actualidad es ya insuficiente el agua que reciben.

Otras localidades buscan otras opciones como San Ramón, municipio de Valle de Bravo, que la bombea del canal. Otros, como El Fresno, del mismo municipio, recurren a la unidad de riego para usar el agua de riego como potable.

A pesar de la escasez de agua se producen situaciones conflictivas que se desarrollan al interior de las localidades y que propician un desperdicio sistemático del agua al carecer de tanques, cisternas, hidrantes, etc., sin que haya la organización mínima que pueda resolver esta problemática.

El agua es muy disputada, progresivamente algunos usuarios se conectan cada vez más cerca del manantial, resultando una distribución desigual en las comunidades.

### **d) Contaminación del agua**

En San Simón de La Laguna, Municipio de Donato Guerra, la población se inconforma por la contaminación del agua para uso humano con la descarga de aguas negras de San Antonio de La Laguna y es un problema que aproximadamente tiene un año de haberse manifestado.

### **e) Extracción de agua del subsuelo**

En el municipio de Amanalco no hay pozos profundos para extraer agua pero en el de Valle de Bravo sí existen y en diversos casos se les relaciona con la pérdida del caudal de los manantiales que surten de agua para consumo humano a diversas poblaciones y también para usarse para riego agrícola, como ocurrió con Rincón de Estrada y Cuadrilla de Dolores.

Entre los casos donde se han perforado pozos figuran diversos ranchos de La Mesa (Los Saucos), El Álamo (Los Saucos), San isidro (Los Álamos), Santa Teresa (La Laguna), Santana (La Laguna), Piedras Duras (Cuadrilla de Dolores), Santa Rosa, Mata Redonda(Cerro Gordo) y El Arreo (Tenantongo).

Ante estos casos han ocurrido situaciones como la de los usuarios de la unidad de riego de Atesquelites que impidieron continuar la construcción de un pozo al Rancho Tres Marías.

## 2.8 Determinación del nivel de degradación de la cuenca

Se identificaron 16 unidades cartográficas de las cuales el mayor porcentaje del tipo de degradación del suelo es por erosión hídrica, con pérdida de suelo superficial (erosión laminar) y erosión hídrica con deformación del terreno (erosión en cárcavas, canalillos y movimiento de masas). Como factores causativos de este tipo de degradación están las actividades agrícolas y se refiere principalmente a un uso inadecuado de terrenos agrícolas, mas específicamente para la Cuenca de Valle de Bravo, la labranza y en algunos casos el mal manejo del agua de riego en terrenos con pendientes, otro factor causativo es el sobrepastoreo, que afecta sobre todo a las comunidades vegetales y está asociado al número excesivo de cabezas de ganado por unidad de superficie y cuyos efectos resultan en pisoteo, compactación y afectación a reforestaciones, caso muy común en la Cuenca de Valle de Bravo. Otro factor causativo es la sobreexplotación de la vegetación para uso doméstico, que no remueve la vegetación en su totalidad, pero si propicia una deformación de ésta, en el caso de la Cuenca de Valle de Bravo se refiere a una recolección excesiva de leña, en algunos casos producción de carbón y la recolección de plantas con propiedades curativas y alimenticias.

Otro tipo de degradación presente en la Cuenca de Valle de Bravo es la degradación por una disminución de la fertilidad del suelo y reducción del contenido de materia orgánica, que tiene como factores causativos a las actividades agrícolas, principalmente, esto se debe a que existe un balance negativo entre los nutrimentos extraídos por los cultivos y los suministrados al suelo a través de fertilizantes y estercolamiento, además de que en la Cuenca de Valle de Bravo no hay una cultura de incorporación de residuos de cosecha para mantener un nivel de materia orgánica adecuado, el nivel de afectación puede considerarse ligero, sin embargo existe una tendencia a que este tipo de degradación se incremente con el tiempo y cuyos efectos resulten en otros tipos de degradación, sobre todo en las propiedades físicas del suelo, con la consecuente pérdida de la productividad.

**Cuadro 6.** Superficie afectada por los diferentes tipos de degradación causada por el hombre

No.	Descripción	Perímetro	Área (ha)	%
1	Hs2.35(+)/f/e	49810.67	7015	11.40
2	Hc2.40(+)/g/f	17955.35	964	1.57
3	Hc2.35(+)/g/a	26022.91	2422	3.94
4	Qd2.100(+)/a	33068.58	3211	5.22
5	SN.80	23051.86	1667	2.71
6	Qd1.50(+)/e	80942.45	11619	18.88
7	Hs1.35(+)/g/a	74340.90	9720	15.79
8	Qd1.30(+)/a	11665.33	497	0.81
9	Qd1.30(+)/a	856.50	5	0.01

10	Qd1.30(+ )a	1216.57	5	0.01
11	SN.60	23573.73	1479	2.40
12	SN.60	18704.81	971	1.58
13	Hc2.35(+ )g/e	69683.07	11914	19.36
14	SN.60	483.54	1	0.00
15	SN.60	82117.04	8177	13.29
16	Presas	32876.25	1789	2.91
17	SN.60	5767.62	93	0.15
<b>T o t a l</b>			<b>61549</b>	

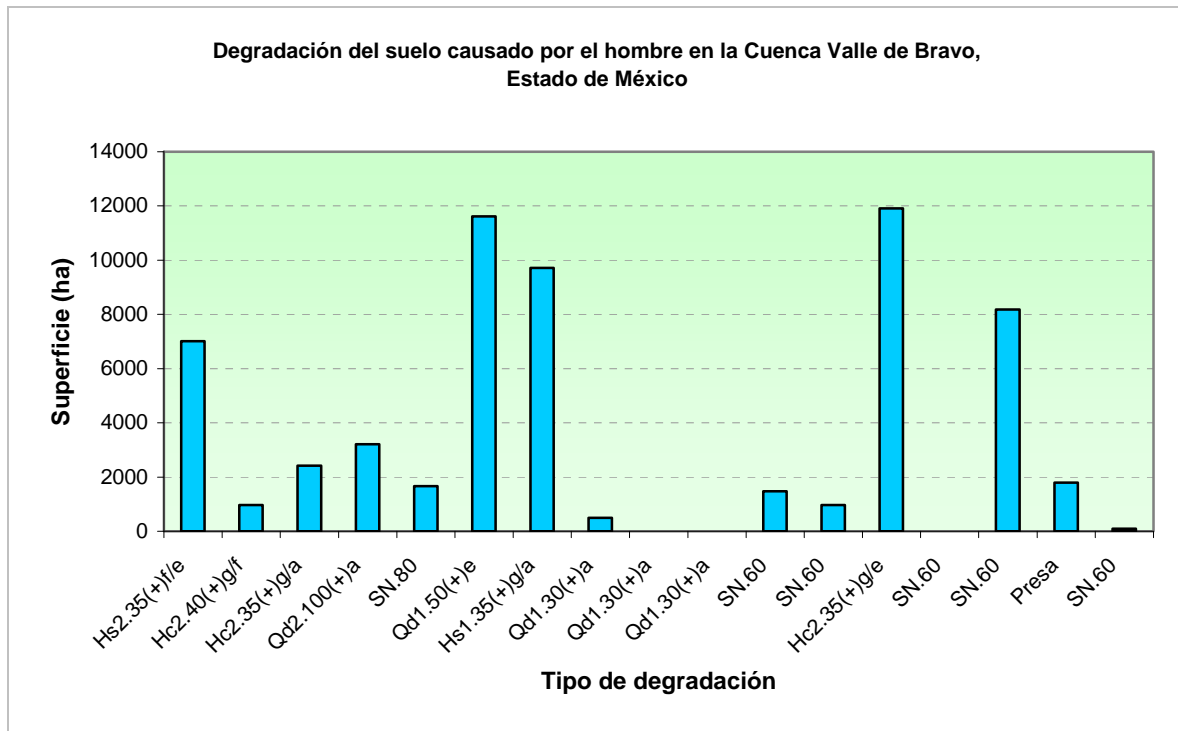


Figura 3. Superficie afectada por la degradación del suelo causada por el hombre en la Cuenca de Valle de Bravo

### 3 LINEAS ESTRATÉGICAS PARA ATENDER LA PROBLEMÁTICA DE LA CUENCA

La situación actual de deterioro de la cuenca Valle de Bravo-Amanalco que se refleja en la degradación de la calidad de los recursos suelo, vegetación, agua de ríos y embalse, es resultado de la intervención humana de varias décadas en las inmediaciones del lago, así como en las partes media y alta de su cuenca de captación.

La complejidad de dicha degradación ambiental hace necesario identificar las líneas estratégicas para realizar una intervención integral con acciones simultáneas y debidamente coordinadas en las diferentes zonas, áreas o niveles de la cuenca.

Como se mencionó en la presentación de esta memoria técnica, la GRAVAMEXSC por medio de la Gerencia de Organismos del Agua, en conjunto con los gobiernos estatal y municipales inició un Programa de Saneamiento Integral (PSI).

En el marco de un enfoque de cuenca, el PSI se dirigió a tres áreas interrelacionadas:

- Las zonas altas rurales, donde se da la actividad agrícola
- Zona media donde se encuentran los manantiales de abastecimiento de agua potable y la zona urbana aledaña al lago.
- Zona baja de la presa.

El PSI se organizó para atender las siguientes líneas estratégicas:

- Conservación de suelo y agua-modernización de organismos agrícolas (Unidades de Riego).
- Consolidación del organismo operador de agua potable, alcantarillado y saneamiento.
- Desarrollo de infraestructura.
- Conservación del embalse.
- Apoyo a la organización, instalación de los organismos auxiliares del Consejo de Cuenca.

Considerando estas líneas estratégicas, se realizaron una serie de acciones y obras cuyos logros más relevantes fueron los siguientes:

- Propiciar e inducir entre los diversos actores de la cuenca, un acercamiento sólido para solucionar la problemática.
- Implantar las acciones de conservación de agua y suelo en las zonas de recarga inmediata de los manantiales de abastecimiento de agua potable y fuentes compartidas con las unidades de riego. Vital para evitar el arrastre de suelo, agroquímicos y sentar las bases de la estabilización agrícola y la generación de más empleos.
- Apoyar la consolidación del organismo operador de agua potable de Valle de Bravo (APAS) para obtener la autosuficiencia en la operación y saneamiento, así como mejorar el servicio y estar en condiciones técnicas y financieras para la transferencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).
- Incrementar el número de conexiones al sistema de drenaje.
- Incorporar mayores volúmenes de agua residual a la PTAR.

De igual forma, en dicho PSI se señalan los retos a superar para resolver la problemática de la cuenca:

Instalación y puesta en marcha de la Comisión de Cuenca:

- Consolidación del Organismo Operador (APAS).
- Vigencia y actualización del Organismo Operador.
- Cultura de pago por todos los habitantes-usuarios del agua de la cuenca.
- Ponderación financiera y operacional del saneamiento.
- Enfoque integral de saneamiento.
- Estabilización de áreas agrícolas de riego.
- Cultura de reconversión tecnológica y conservación de suelo y agua.
- Adecuaciones jurídicas y reglamentarias.
- Congruencia y convergencia de políticas públicas.
- Conservación de áreas forestales.

Asimismo, en 2005 dentro del presente proyecto, se realizó un taller con la metodología ZOOOP (de sus siglas en Alemán: Plantación de Proyectos Orientada a Objetivos), en el cual participaron diversos “actores” de la cuenca, quienes identificaron lo que podría considerarse como líneas estratégicas con sus acciones correspondientes:

### **1.-Desarrollo socioeconómico equilibrado**

- 1.1 Darle facultades a la comisión de la cuenca para sancionar
- 1.2 Elaborar un programa de convenios interinstitucionales
- 1.3 Elaborar un proyecto de desarrollo económico regional sustentable con la participación del gobierno y la sociedad
- 1.4 Realizar programa de inversiones para las zonas marginales
- 1.5 Elaborar proyectos alternativos para el desarrollo comunitario

### **2.-Prácticas agropecuarias y acuícolas adecuadas**

- 2.1 Establecer prácticas agrícolas adecuadas a la cuenca
- 2.2 Implementar sistemas de producción pecuaria de acuerdo a la región
- 2.3 Elaborar proyectos productivos de acuerdo a la vocación de la cuenca
- 2.4 Implementar programas para el desarrollo de la infraestructura acuícola

### **3.-Adecuado manejo integral de los recursos forestales**

- 3.1 Establecer un programa para disminuir los incendios forestales
- 3.2 Establecer un programa de convenios entre los involucrados
- 3.3 Elaborar un programa para diversificación forestal
- 3.4 Adecuar el marco jurídico
- 3.5 Elaborar un programa de estímulos
- 3.6 Establecer programas de cultura forestal

### **4.-Aprovechamiento racional del uso del agua**

- 4.1 Aplicar correctamente el marco jurídico por autoridades normativas

- 4.2 Elaborar programas eficientes de la cultura del agua
- 4.3 Cumplir con las normas y aplicar las tarifas establecidas
- 4.4 Homologar la administración de los volúmenes del agua
- 4.5 Elaborar proyectos ejecutivos de infraestructura por uso

## **5.- Disminución de la contaminación de los recursos hídricos y asociados**

- 5.1 Implementar un programa para el desarrollo de infraestructura de saneamiento
- 5.2 Elaborar un programa de manejo integral de residuos en la cuenca
- 5.3 Aplicar la ley y normas que rigen las descargas de aguas residuales
- 5.4 Desarrollar un programa de educación ambiental
- 5.5 Elaborar un programa alternativo a las necesidades básicas de las comunidades

Con base en las dos anteriores fuentes de información, así como la percepción del Fondo Procuenca sobre las alternativas para la cuenca, y la experiencia de más de 12 años acumulada del IMTA en la cuenca Valle de Bravo, se identificaron las líneas estratégicas para intervenir de forma integral y debidamente coordinada en las siguientes áreas o niveles para resolver la problemática del agua y recursos asociados de la cuenca:

- a) Embalse;
- b) Cuenca baja (que incluye áreas urbanas, conurbadas y crecimiento urbano)
- c) Cuenca media
- d) Cuenca Alta
- e) Cuenca cerrada San Simón

Las líneas estratégicas que se proponen son las siguientes:

### **Línea estratégica 1. *Rehabilitación y protección de cuerpos de agua y cauces.***

Con la implementación de esta línea estratégica se buscará rehabilitar, conservar y manejar todos los cuerpos de agua existentes a lo largo de la cuenca, tales como pequeños lagos, represas, estanques, lagunas, manantiales y el propio embalse de la presa Miguel Alemán. Asimismo, dentro de esta línea estratégica se incluirán las acciones relacionadas a la intervención en riberas de ríos y arroyos estrechamente vinculadas a la vegetación riparia, es decir, la vegetación “filtro” que debería existir en las orillas de los cauces y que actualmente no está muy consolidada.

### **Línea estratégica 2. *Conservación, manejo y uso de recursos naturales en subcuencas.***

Con la puesta en marcha de esta línea estratégica se busca, por un lado, asegurar las condiciones hidroforestales del territorio de la cuenca, ya que como se sabe, la principal oferta de la cuenca Valle de Bravo es la provisión de agua y en segundo lugar, el aprovechamiento forestal mediante eficientes planes de manejo. Lo anterior puede lograrse mediante la protección de áreas estratégicas de infiltración y recarga de manantiales y acuíferos; la protección de masas boscosas que favorecen la biodiversidad, y la protección de especies animales y vegetales. Asimismo dentro de ésta línea estratégica se desarrollarán todas las acciones de manejo y uso de los recursos suelo-bosque, que permitan evitar el deterioro de la calidad del agua.



### **Línea estratégica 3. *Uso y aprovechamiento eficiente del recurso hídrico.***

Con esta línea estratégica se buscará asegurar el uso racional y eficiente que lleve a la optimización del recurso agua, con obras de infraestructura y acciones de tecnificación y modernización, tanto en las principales áreas urbanas como en la zona rural de la cuenca. Lo anterior implica diseñar y ejecutar ambiciosas acciones de ingeniería hidráulica tanto de naturaleza sanitaria para las zonas urbanas y rurales de la cuenca, de conducción para agua potable, así como ingeniería de riego para la agricultura bajo este uso.

### **Línea estratégica 4. *Fortalecimiento institucional.***

Con esta línea estratégica se buscará consolidar y fortalecer a las diferentes instancias que intervienen en la cuenca; comprenderá acciones que fortalezcan la coordinación interinstitucional de los diferentes órdenes de gobierno, así como de organizaciones no gubernamentales, organizaciones de productores y usuarios.

### **Línea estratégica 5. *Comunicación y participación social, cultura ambiental y capacitación productiva.***

Con la puesta en marcha de esta línea estratégica se buscará propiciar un cambio de actitud de las personas que habitan y visitan la cuenca, de tal forma de crear una nueva manera de relacionarse con el medio ambiente circundante. Las acciones deberán dirigirse tanto a la población escolar, como a los habitantes que realizan acciones directas en los recursos naturales de la cuenca desarrollando actividades productivas agropecuarias. Para los aspectos de capacitación productiva deberían realizarse acciones específicas dirigidas a los productores para que incorporen una racionalidad más ecológica y conservacionista en las actividades agropecuarias que desarrollan.

### **Línea estratégica 6. *Monitoreo ambiental e investigación.***

Con esta línea estratégica se buscará comprender los procesos y fenómenos naturales y sociales que ocurren en la cuenca, haciendo el acopio sistemático de información básica y generando nuevo conocimiento, que sea la base para la toma de decisiones sobre el uso y manejo de los recursos naturales.

**Cuadro 7. Correlación de líneas estratégicas propuestas en tres diferentes proyectos**

Programa de saneamiento integral	Conclusiones del taller ZOPP	Plan para la gestión integral del agua y recursos asociados
Conservación del embalse.	---	Rehabilitación y protección de cuerpos de agua y cauces
Conservación de suelo y agua-modernización de organismos agrícolas (Unidades de Riego).	-Prácticas agropecuarias y acuícolas adecuadas. -Adecuado manejo integral de los recursos forestales	Conservación, manejo y uso de recursos naturales en subcuencas
Desarrollo de infraestructura.	-Aprovechamiento racional del uso del agua. -Disminución de la contaminación de los recursos hídricos y asociados	Uso y aprovechamiento eficiente del recurso hídrico
-Consolidación del organismo operador de agua potable, alcantarillado y saneamiento. - Apoyo a la organización, instalación de organismos auxiliares del Consejo de Cuenca.	---	Fortalecimiento institucional
---	---	Comunicación y participación social, cultura ambiental y capacitación productiva.
---	---	Monitoreo ambiental e investigación
---	Desarrollo socioeconómico equilibrado	---

## 4 ACCIONES Y OBRAS A REALIZAR EN LOS DIFERENTES NIVELES DE LA CUENCA

A partir de la identificación de las líneas estratégicas se definieron las acciones y obras más relevantes, como coadyuvancia para disminuir, detener y revertir la problemática del agua y recursos asociados en la cuenca Valle de Bravo. Dichas acciones y obras, se localizaron en las diferentes áreas, zonas o niveles de la cuenca, mismas que se enlistan a continuación:

### 4.1 Acciones en el Embalse

- ⇒ Monitoreo sistemático de la calidad del agua
- ⇒ Estudio topobatimétrico para monitorear azolvamiento
- ⇒ Control integral de malezas acuáticas
- ⇒ Consolidación red de monitoreo de caudales de ríos principales
- ⇒ Desarrollos tecnológicos para atacar la eutrofización

### 4.2 Acciones en la cuenca Baja

- ⇒ Recuperación forestal
- ⇒ Desarrollo de manantiales
- ⇒ Rehabilitación ecohidrológica de riberas de cauces
- ⇒ Reversión agrícola
- ⇒ Huertos familiares de traspatio
- ⇒ Rehabilitación de áreas en “conflicto de uso”
- ⇒ Planeación participativa con las comunidades para el desarrollo de los recursos naturales
- ⇒ Transformación local de la madera
- ⇒ Abastecimiento de agua potable
- ⇒ Aplicación del Plan de Desarrollo Urbano
- ⇒ Programa integral de alcantarillado y saneamiento
- ⇒ Consolidación de organismo operador
- ⇒ Educación ambiental para escolares
- ⇒ Sensibilización ambiental para pobladores y visitantes
- ⇒ Manejo y disposición de residuos sólidos
- ⇒ Instalación de macro y micromedidores para agua potable

### 4.3 Acciones para la cuenca Media

- ⇒ Desarrollo de manantiales
- ⇒ Rehabilitación ecohidrológica de riberas de cauces
- ⇒ Rehabilitación de áreas en “conflicto de uso”
- ⇒ Reversión productiva de laderas agrícolas
- ⇒ Planes integrales de manejo forestal y agroforestal
- ⇒ Reintroducción de especies nativas

- ⇒ Establecimiento de centros de materiales vegetativos
- ⇒ Proyectos agropecuarios incorporando racionalidad ecológica
- ⇒ Ordenamiento integral del agua por microcuencas
- ⇒ Tecnologías alternativas o ecotecnias
- ⇒ Planeación participativa con las comunidades para el desarrollo de los recursos naturales
- ⇒ Recuperación forestal
- ⇒ Plantaciones frutícolas
- ⇒ Transformación local de la madera
- ⇒ Tecnificación del riego
- ⇒ Letrinización
- ⇒ Educación ambiental para escolares
- ⇒ Sensibilización ambiental para pobladores y visitantes
- ⇒ Capacitación productiva en recursos naturales
- ⇒ Programa para disminución de incendios forestales

#### 4.4 Acciones en la cuenca Alta

- ⇒ Rehabilitación y desarrollo de manantiales
- ⇒ Rehabilitación ecohidrológica de riberas de cauces
- ⇒ Rehabilitación de áreas en “conflicto de uso”
- ⇒ Implementación de pago por servicios ambientales del bosque
- ⇒ Inventario de especies animales y vegetales
- ⇒ Ordenamiento integral del agua por microcuenca
- ⇒ Establecimiento de centros de materiales vegetativos
- ⇒ Parcelas demostrativas de agricultura orgánica
- ⇒ Monitoreo de erosión con lotes de escurrimiento y microcuencas
- ⇒ Estufas ahorradoras de leña
- ⇒ Recuperación forestal de bosques degradados
- ⇒ Plantaciones forestales comerciales
- ⇒ Transformación local de la madera
- ⇒ Letrinización
- ⇒ Educación ambiental para escolares
- ⇒ Sensibilización ambiental para pobladores y visitantes
- ⇒ Capacitación productiva en recursos naturales
- ⇒ Programa para disminución de incendios forestales
- ⇒ Tecnologías uso sostenible de industrias acuícolas
- ⇒ Fortalecimiento organismo operador de Amanalco

#### 4.5 Acciones Cuenca cerrada San Simón

- ⇒ Reconversión productiva de laderas agrícolas
- ⇒ Impulso a la agricultura orgánica
- ⇒ Estufas ahorradoras de leña
- ⇒ Letrinización

- Programa CONSA en áreas en “conflicto de uso”

#### 4.6 Estudios necesarios que aplican a toda la cuenca

- Modelo para gestión integrada de los recursos hídricos
- Situación actual de la degradación de los suelos
- Estudio geohidrológico
- Inventario de flora y fauna
- Cambio de uso del suelo
- Superficie con prácticas de conservación

## 5 PERFILES DE PROYECTOS MÁS RELEVANTES

Los proyectos más relevantes que al realizarse deberán impactar de una forma muy importante en la calidad del agua y sus recursos asociados en la cuenca son los siguientes:

- 5.1 Saneamiento urbano
- 5.2 Saneamiento rural
- 5.3 Conservación de agua y suelo en áreas en “conflicto de uso”
- 5.4 Tecnificación del riego para áreas regadas.

Para cada uno de ellos se desarrollaron o integraron perfiles de proyecto que se presentan enseguida.

### 5.1 Perfil de proyecto: *Saneamiento urbano*

Esta es la acción en la cuenca Valle de Bravo que ha demandado más atención y recursos financieros por parte de los tres órdenes de gobierno tanto federal, estatal como municipal. A nivel federal, la CONAGUA, a través de la GRAVAMEXSC elaboró en el año 2000 un Proyecto Ejecutivo del Alcantarillado Sanitario en Valle de Bravo, el cual ha servido de base para concertar las obras faltantes cada año con el Gobierno del Estado a través de la Comisión de Aguas del Estado de México (CAEM), la cual a su vez ejecuta acciones y obras en la cuenca con base en su propio presupuesto. El Organismo Operador de Agua Potable APAS de Valle de Bravo, también realiza acciones y obras en la medida de sus posibilidades. Así, en el transcurso del presente proyecto, y actuando de acuerdo a sus atribuciones, funciones y responsabilidades, los tres órdenes de gobierno se pusieron de acuerdo, priorizaron y concertaron 34 acciones y obras a realizar en los próximos 4 años hasta el año 2009, mismas que se presentan a continuación en forma de cuadros. Al momento de redactar la presente memoria se estaba por firmar el convenio general de participación entre La GRAVAMEXSC la CAEM y el APAS de Valle de Bravo.

Prioridad No.	Descripción de los trabajos	Inversión Pesos (\$)	Pesos (\$)			
			2006	2007	2008	2009
1	Planta de tratamiento de 0.5 l.p.s. Frente a la planta de bombeo No. 3 de la Costera	\$627,375	-			
2	Redes de atarjeas, colectores y plantas de bombeo de Avándaro	\$20,250,000		\$8,910,000	\$11,340,000	
3	Planta de tratamiento de aguas residuales por medio de un sistema de lodos activados con modalidad de zanjas de oxidación; capacidad de tratamiento de 60 lps. de Avándaro	\$15,750,000	-	-	\$15,750,000	
4	<b>Terminación del colector Las Huijas y descargas domiciliarias (Col. Guadalupe y la Rosa)</b>	\$4,725,000	<b>\$4,725,000.00</b>			
5	Construcción de red de atarjeas y colectores en las poblaciones de San Juan, San Bartolo, San Sebastián El Chico, Rincón de Guadalupe y San Miguel Tenextepec del municipio de Amanalco.	\$12,600,000		\$6,703,625	\$5,896,375	
6	<b>Conexión de descargas domiciliarias a colectores de aguas residuales. Cabecera Municipal Valle de Bravo.</b>	\$1,291,156	<b>\$1,291,156</b>			
7	Construcción de 7 km. de redes de atarjeas, colectores y 9 plantas de bombeo de aguas negras en la zona de La Peña.	\$10,500,000		\$5,250,000	\$5,250,000	
8	Colector E-9 de aguas negras de 30 cms. de diámetro para captar descargas a arroyo existente en la parte alta de la cabecera municipal.	\$3,000,000		\$3,000,000		
9	<b>Colector E-17 de aguas negras, de 61 cm. de diámetro (método de microtuneleo) con descarga en la planta de bombeo No. 5 con aportaciones del Barrio San Antonio y parte de la Cabecera Municipal</b>	\$9,000,000	<b>\$9,000,000</b>			
10	Re-equipamiento de 6 plantas de bombeo.	\$4,500,000		\$4,500,000	-	
11	Automatización de 6 plantas de bombeo en la Cabecera Municipal de Valle de Bravo para el desalojo y conducción de las aguas negras hacia la planta de tratamiento.	\$8,000,000	\$4,000,000	\$4,000,000		
12	Construcción de módulo adicional para 50 lps. de la planta de tratamiento actual.	\$18,000,000		\$12,600,000	\$5,400,000	
13	<b>Solución al tapón hidráulico Santa María PB2 drenajes de las calles Joaquín Arcadio Pagaza, 5 de Mayo, Santa María y el Salitre</b>	\$500,000	<b>\$500,000</b>			
14	<b>Solución al drenaje de descargas domiciliarias frente a la PB5 en San Antonio, mediante cárcamo de bombeo y conducción al cárcamo</b>	\$595,000	<b>\$595,000</b>			
15	Ampliación de la línea de drenaje en calle del Colibrí, Cabecera Municipal de Valle de Bravo.	\$430,000	\$430,000			
16	Ampliación de red de drenaje en Velo de Novia, Avandaro Valle de Bravo	\$441,500	\$441,500			
17	Construcción de Colector para incorporar aguas residuales a la Planta de Tratamiento de Velo de Novia, en Avándaro, Valle de Bravo.	\$558,750	\$558,750			
18	Ampliación de línea de drenaje en andadores de la Calle Alfareros, con tubería de 30 cm de diámetro, en la Cabecera Municipal de Valle de Bravo	\$325,000	\$325,000			
19	Ampliación de línea de drenaje en Calle de Barlovento, con tubería de 30 cms. De diámetro, Valle de Bravo	\$441,000	\$441,000			

Prioridad No.	Descripción de los trabajos	Inversión Pesos (\$)	Pesos (\$)			
			2006	2007	2008	2009
20	Obras prioritarias de separación de aguas de riego y residuales para conducir a la Planta de Tratamiento de la Cabecera Municipal en la zona del Arco, Valle de Bravo	\$248,000	248,000			
21	Elaboración de proyecto ejecutivo del colectores para el desalojo de las aguas de la Planta del Rastro Municipal de Amanalco.	\$500,000	\$500,000			
22	Elaboración de proyecto ejecutivo de red de atarjeas y colectores en las poblaciones de San Jerónimo y San Lucas, Municipio de Amanalco	\$1,000,000	\$1,000,000			
23	Elaboración de proyecto integral de alcantarillado y separación de aguas pluviales del drenaje sanitario de la Cabecera Municipal de Valle de Bravo (Inlcuye todos los proyectos pequeños de las acciones 24, 25, 26, 31 y 32)	\$4,000,000	\$4,000,000			
24	Elaboración de proyecto ejecutivo de alcantarillado sanitario para las comunidades del Arco y San Gaspar, Valle de Bravo	\$0.00	\$0.00			
25	Elaboración de proyecto ejecutivo de alcantarillado sanitario para la colonia Monte alto, de la Cabecera Municipal Valle de Bravo.	\$0.00	\$0.00			
26	Estudio para la actualización del padrón de descargas domiciliarias de la Cabecera Municipal de Valle de Bravo	\$0.00	\$0.00			
27	Actualización del proyecto ejecutivo del tercer módulo de la Planta de Tratamiento de aguas residuales de la Cabecera Municipal de Valle de Bravo y de los modulos existentes.	\$1,000,000	\$1,000,000			
28	Construcción de Cárcamo de bombeo de desvio de aguas crudas antes de la Planta de Tratamiento de la Cabecera Municipal, Valle de bravo	\$600,000	\$600,000			
29	Acondicionamiento y retiro de material producto del desazolve de las zonas rio Tizates y rio Amanalco, Valle de Bravo.	\$4,000,000	\$4,000,000			
30	Dragado y limpieza de lirio acuatico del Vaso Regulador de la Presa Miguel Aleman	\$6,500,000	\$6,500,000			
31	Elaboración de proyecto ejecutivo de alcantarillado sanitario en las Colonias Tres puentes, tizates y Valle Bonito. Valle de Bravo	\$0.00	\$0.00			
32	Elaboración de proyecto ejecutivo de colector para el desalojo de aguas residuales de las Colonias Tres puentes, Tizates y Valle Bonito. Valle de Bravo	\$0.00	\$0.00			
33	Construcción de colector para captar las descargas sanitarias de la Colonia Loma Bonita (Calle la Cantera y Delicias) Valle de Bravo.	\$1,850,000		\$1,850,000		
34	Rehabilitación de colectores existentes en la Cabecera Municipal (En los tramos de la costera y Avenida Toluca, Arroyo las Flores) Valle de Bravo.	\$730,000		\$730,000		
	Construcción de Alcantarillado pluvial en la Colonia Sánchez, Valle de Bravo.	\$450,000		\$450,000		
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>		<b>132,412,781</b>	<b>40,155,406</b>	<b>48,621,000</b>	<b>43,636,375</b>	



Como se aprecia, el monto requerido para las acciones y obras relacionadas con la ingeniería sanitaria en las zonas urbanas de Valle de Bravo, Avándaro y Amanalco, asciende a **\$132'412,781.00**

Se anexa el mapa **“Perfil de proyecto: Programa consensuado de obras y acciones 2006-2009 entre CONAGUA;CAEM y APAS Valle de Bravo”**, donde puede apreciarse de forma general estas acciones.

## **5.2 Perfil de proyecto: Saneamiento rural en comunidades prioritarias**

El tratamiento de las aguas residuales en México es el segundo más bajo entre los países de la OCDE. En el año 2004 sólo se trató cerca de 23% de las aguas residuales. Los costos ambientales y de salud pública por el mal tratamiento son altos; los costos anuales en la Ciudad de México por enfermedades diarreicas ocasionadas por contaminación del agua y del suelo se estiman en USD 3.6 mil millones a mediados de la década de los noventa.

En relación con el servicio de alcantarillado durante el periodo referido, se dotó por primera vez del servicio de alcantarillado a 27.4 millones de personas logrando un incremento en la cobertura de 16.2 puntos porcentuales, sin embargo, las inversiones realizadas no han sido suficientes para alcanzar la meta trazada, ya que sólo el 78.6% de los habitantes cuentan con este servicio pero 22.8 millones carecen del mismo, por lo que se requiere de aumentarlas en 2.9% para lograr el objetivo planteado.

Desafortunadamente, la población más pobre es la que sufre los efectos de la falta de agua potable y el alcantarillado y consecuentemente los niveles de salubridad e higiene indispensables para contar con niveles adecuados de salud. Estas poblaciones son las que presentan altos niveles de contaminación de las fuentes de abastecimiento y de alteración del equilibrio ecológico, así como de bajos niveles de recolección y tratamiento de aguas residuales que son las causas de la insalubridad y la presencia de enfermedades gastrointestinales.

La limitante clave que deben de enfrentar los municipios al proporcionar servicios de saneamiento en el medio rural y zonas marginadas, es precisamente la falta de tecnología adecuadas a las características físicas y sociales de las zonas rurales; ante este problema el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua ha desarrollado varias opciones tecnológicas y tratamiento de aguas aplicables que permiten combatir y prevenir la contaminación de las fuentes de agua disponibles de forma económica.

En la Cuenca de Valle de Bravo se encontró que existen 12 comunidades que requieren prioritariamente de sistemas de control de excretas debido a la necesidad de implementar alternativas de conservación del medio ambiente y aumentar la calidad y cantidad del agua que escurre a la presa de Valle de Bravo. Estas comunidades son:

Municipio	Comunidad	Número de viviendas
Amanalco de Becerra	San Mateo Sección 1era. Sección	329
	San Mateo 2da. Sección	50
	San Mateo Sección 3era. Sección	220
	Rincón de Guadalupe- Sección La Loma	56
	El Temporal	51
	Ojo de Agua	6
	San Bartolo- Los Polvillos	233
	El Zacatonal	20
Valle de Bravo	Loma de Rodríguez	33
	Los Álamos	21
	Mesa de San Vicente – Escalerillas	40
	Pinar de Osorio	32
<b>T o t a l</b>		<b>1,091</b>

El total de viviendas prioritarias asciende a 1,091 para las que se sugiere fomentar la letrina de doble cámara, la cual tiene un costo aproximado de \$2,300.00 cada una, por lo que la inversión total aproximada asciende a \$2'509,300.00, aproximadamente.

Así mismo se identificaron 22 comunidades en las que también es muy importante establecer sistemas de control de excretas:

Municipio	Comunidad	Número de viviendas
Valle de Bravo	La Laguna	13
	San Mateo Acatitlán	60
	La Boquilla	24
	San Ramón	6
	Cerro Gordo	54
	El Trompillo	18
	Las Agujas	4
	El Castellano	19
	La Palma	19
	La Volanta	25
	Valle Escondido	21
	Casas Viejas	19
	La Candelaria	36
	El Arco	167
Amanalco de Becerra	San Lucas 1ra. Sección	67
	San Lucas 3da. Sección	54
	Rincón de Guadalupe	95
	San Juan 1ra. Sección	218
	San Juan 2da. Sección	60
	Agua Bendita	64
	Hacienda Nueva	9
	El Capulín	118
Villa de Allende	Sabana de Taborda	60
Donato Guerra	San Francisco Mihuáltepec	175
<b>T o t a l</b>		<b>1,405</b>

Este otro grupo de viviendas consideradas como prioritarias de atención suman 1,405, para las cuales se han considerado dos tipos de letrinas: letrina de composteo con un costo aproximado de \$2,000.00 y la letrina de doble cámara con un costo aproximado de \$2,300.00, por lo que si se decidiera llevar adelante esta acción de saneamiento, el costo total de las puras letrinas ascendería a \$3'020,750.00 para el total de viviendas, considerando atender la mitad de las viviendas con las letrinas de composteo y para la otra mitad de las viviendas las letrinas de doble cámara.

En resumen, se tienen 2,496 viviendas rurales en las que es necesario a corto plazo establecer un programa de letrinización cuyo costo para la adquisición de las letrinas asciende a \$5'530,050.00 más el proyecto ejecutivo y la asesoría cuyo costo aproximado es de \$469,950.00, con lo que el costo aproximado de esta acción asciende a **\$6'000,000.00**

Las características de los modelos de letrina que se proponen, se describen a continuación:

### ***Letrinas de composteo***

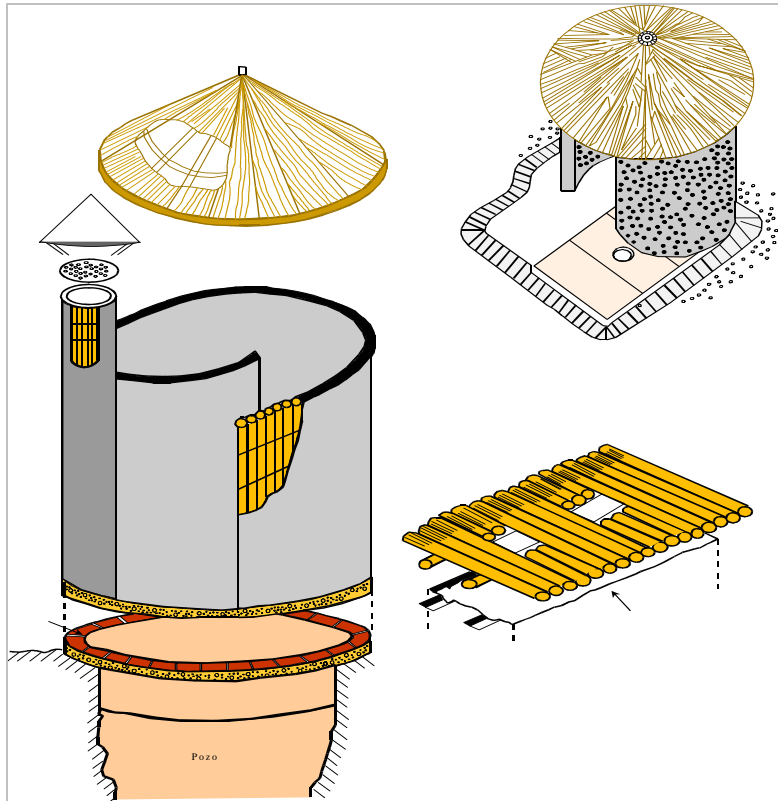
Las letrinas de composteo (**figura 4**) pueden tener éxito principalmente en zonas donde los nutrientes se descomponen rápidamente; por lo general, pueden construirse sobre suelos duros y aunque no necesitan agua, se requiere alto grado de cuidado y atención por parte de los usuarios; de esta forma, a la vez que se resuelve el problema sanitario se obtiene provecho de la materia fecal.

Existen dos tipos de letrinas de composteo: **continuas y discontinuas**. Las primeras se caracterizan por tener una estructura que permite a la excreta degradarse durante su recorrido por una primera cámara inclinada de forma que al llegar hasta el compartimiento de extracción, ya esta formada en abono; como resultado de ello el vaciado de la cámara se puede hacer de forma continua. Por otro lado, las letrinas discontinuas requieren que transcurra un año antes de abrir el pozo para utilizar el material degradado.

En lo que se refiere a la generación de abono por descomposición biológica de desperdicios orgánicos, este se puede llevar a cabo mediante dos formas:

**Aeróbica**: es un proceso que requiere la presencia de oxígeno en la que la actividad microbiana genera calor e incremento de temperatura de la mezcla alcanzando hasta 55° C, razón por la cual aumenta también la tasa de mortandad de los organismos patógenos contenidos en la excreta.

**Anaeróbica**: es un proceso que requiere la ausencia de oxígeno y es menos eficiente que el aeróbico en lo que se refiere a la generación de energía, por ello para usar con seguridad la mezcla fertilizante debe de almacenarse por un periodo prolongado; ya que los organismos causantes de enfermedades sobreviven por más tiempo a temperaturas frías.



**Figura 4.** Letrina de composteo

Para una preparación eficiente del abono, deben de mantenerse un equilibrio correcto de los nutrientes utilizados por los microbios que digieren y degradan el material, para ello es necesario agregar después de cada evacuación carbono orgánico en forma de hojas, pasto o algún material de fácil descomposición también se puede agregar regularmente cenizas de leña para disminuir los olores y acelerar el proceso de preparación de abono. El fertilizante producido en una letrina de composteo que está funcionando bien será un material oscuro, desmenuzable e inofensivo, parecido a un buen suelo orgánico húmedo.

#### ***Letrina ventilada de doble cámara***

Es el tipo más sencillo de los inodoros de degradación de excretas que permite producir en condiciones anaeróbicas un humus que se puede emplear como acondicionador de suelo o fertilizante.

La letrina ventilada de doble cámara (**figura 5**) cuenta con dos bóvedas adyacentes cubiertas hermética y permanentemente con una sola superestructura. Cada cámara se trata con un recubrimiento impermeable tanto exterior como interiormente, lo cual impide la transmisión de líquidos del manto freático hacia el interior de la letrina y en sentido inverso. El uso de las cámaras es alternado, cuando la que está en uso alcanza un nivel de aproximadamente tres cuartas partes, se agrega una capa de materia orgánica (como cenizas) y otra de aserrín u hojas secas para absorber olor y humedad a la vez que ayudan a obtener un abono de mejor calidad. Posteriormente, se tapa el orificio del piso con una placa de concreto y se sella con chapopote, después de un mínimo de doce meses se vacía para emplearlo nuevamente cuando se llene el segundo.

En caso de no agregar ningún tipo de materia orgánica, la letrina funcionará como la de un pozo ventilado. Con este tipo de letrina se elimina la necesidad de construir pozos profundos y cambiar constantemente la localización de la misma.

En terrenos blandos donde las lluvias son abundantes o cuando el nivel del manto freático está casi a flor de tierra, conviene construir los pozos sobre el nivel del terreno, esto permite la instalación de compuertas en los muros posteriores de los pozos para que se extraiga fácilmente el abono. Enseguida se presenta una figura de la letrina descrita.



Figura 5. Letrina de doble cámara

En resumen, para la cuenca Valle de Bravo se recomienda la realización de esta actividad de saneamiento rural en el corto plazo en las comunidades señaladas como prioritarias, para lo cual se deberá desembolsar una cantidad aproximada a los \$6'000,000.00.

En el mapa anexo "**Perfil de proyecto: Comunidades Prioritarias para Saneamiento Rural**" se puede observar la localización de las comunidades en las que de forma prioritaria se debería considerar la implementación de este programa de letrinización.

### 5.3 Perfil de proyecto: **Conservación de agua y suelo en áreas en "conflicto de uso", ó que no aplican prácticas**

La cuenca Valle de Bravo cuenta con una superficie promedio de 61,548 hectáreas, de ésta superficie, 23,221.98 hectáreas tienen uso agropecuario, y de acuerdo con el estudio de inventario de prácticas de conservación de agua y suelo realizado por el IMTA en 2004, se encontró que en 14,248 ha no se realizan prácticas de conservación de agua y suelo, éstas hectáreas se encuentran distribuidas por toda la cuenca

principalmente en las porciones media y alta, además, que casi el 50% de la superficie se ubica en pendientes mayores al 5%, siendo por tanto las principales aportadoras de sedimentos a los cauces y embalse.

Ante ello, y como parte del desarrollo de los perfiles de proyectos para integrar el Plan para la Gestión Integral del Agua y Recursos Asociados, fue como se identificó la necesidad de elaborar un Perfil de Proyecto de prácticas de conservación de agua y suelo (consa) dirigido a atender las áreas en conflicto de uso o donde no realizan prácticas conservacionistas.

Para integrar el programa consa para la cuenca Valle de Bravo, se dividió ésta por rangos de pendiente y así proponer las prácticas conservacionistas más adecuadas de acuerdo con este criterio y del uso actual, como se muestra en el cuadro 1, en donde se aprecia que en el rango de pendiente de 0-5% se tiene en la cuenca una superficie de 7,784.71 ha, en donde se encontraron diferentes usos, siendo el más importante el cultivo de maíz. Para cultivos de escarda, en este caso el maíz y para la pendiente mencionada, el control de los escurrimientos y de la erosión se puede hacer de manera eficiente con la práctica del surcado al contorno, práctica recomendada también para los otros usos encontrados en este rango de pendiente, tal es el caso de la papa, haba, chícharo y girasol. Otros usos encontrados fueron forestal, zacatón y pasto natural, en donde se recomienda reforestación con tinas ciegas, pastoreo controlado, mantenimiento de la vegetación nativa e introducción de praderas, respectivamente.

En este rango de pendiente encontramos una superficie de 3,780.94 ha para la cuenca alta, 1,027.83 ha para la cuenca media, 11.54 ha para la cuenca baja y 2,964.4 ha para la cuenca cerrada San Simón

En el **Cuadro 8** se muestran los diferentes usos para el rango de pendiente de 5-15%, en donde predominan el cultivo de maíz y las tierras agrícolas sin cultivar, las cuales cubren una superficie de 2,854.18 y 2,225.98 ha respectivamente. Estas tierras representan aún más riesgo para la producción de sedimentos ya que aunada a la pendiente se tienen la susceptibilidad del suelo a erosionarse. Por lo que para este rango de pendiente se recomiendan prácticas que incluyen barreras físicas para el control de los escurrimientos y de la erosión, tales como las terrazas de formación paulatina con frutales y barreras vivas y la introducción de plantaciones forestales, para el caso de tierras agrícolas, en el caso de tierras que aún conservan vegetación natural, tal es el caso de las tierras con zacatón, se recomienda el pastoreo controlado y la conservación de la vegetación nativa.

En este rango pendiente la mayor superficie se encuentra en la cuenca alta con 3,547.5 ha, seguido por la cuenca cerrada San Simón con 1,517.75 ha, la cuenca media con 734.79 ha y finalmente la cuenca baja sólo cuenta con 10.11 ha en este rango de pendiente. Esta distribución de tierras con rango de pendiente de 5-15% así como las prácticas propuestas, se muestran en el **Cuadro 9**.

**Cuadro 8.** Uso de suelo y propuestas de prácticas en el rango de pendiente de 5-15%

Uso de suelo	Superficie	Prácticas conservacionistas propuestas				Ubicación de la práctica	Superficie (ha)
		Tipo	Superficie	Costo/ha	Subtotal		
Maíz	2,854.18	Terrazas de formación paulatina con frutales	2000	7300	\$14'600,000.00	Cuenca Alta	1,000
						Cuenca Cerrada San Simón	900
						Cuenca Media	100
		Barreras vivas	854.18	412	\$351,922.16	Cuenca Alta	369.1
						Cuenca Cerrada San Simón	373.2
Cuenca Media	111.88						
Sin cultivo	2,225.98	terrazas de formación paulatina con frutales	1500	7300	\$10'950,000.00	Cuenca Alta	1300
						Cuenca Cerrada San Simón	100
						Cuenca Media	100
		Barreras vivas	300	412	\$123,600.00	Cuenca Alta	100
						Cuenca Cerrada San Simón	100
		Cuenca Media	100				
		Praderas	300	2800	\$840,000.00	Cuenca Alta	113.54
						Cuenca Cerrada San Simón	44.55
		Cuenca Media	141.86				
Cultivo de cobertera con surcado al contorno	100	4000	\$400,000.00	Cuenca Media	89.89		
				Cuenca Baja	10.11		
Plantaciones forestales comerciales	25.98	20900	\$542,982.00	Cuenca Alta	25.98		
Papa	55.33	terrazas de formación paulatina con frutales	40	7300	\$292,000.00	Cuenca Alta	40
						Cuenca Alta	13.87
		Barreras vivas	15.33	412	\$6'315.96	Cuenca Media	1.46
Haba	106.63	terrazas de formación paulatina con frutales	70	7,300	\$511,000.00	Cuenca Alta	50
						Cuenca Media	20
		Barreras vivas	36.63	412	\$15,091.56	Cuenca Alta	24.17
						Cuenca Media	12.46
Chicharo	16.84	terrazas de formación paulatina con frutales	10	7,300	\$73,000.00	Cuenca Media	8.42
		Barreras vivas	6.84	412	\$2,818.08	Cuenca Media	8.42
Forestal	5.71	Reforestación con tinas ciegas	5.71	23,850	\$136,183.50	Cuenca Media	5.71
Zacatón	520.9	Mantenimiento de la vegetación nativa	520.9	200	\$104,180.00	Cuenca Alta	510.84
		Pastoreo controlado				Cuenca Media	10.11
Pasto natural	11.25	Praderas	11.25	2,800	\$31,500.00	Cuenca Media	11.25
Haba - Ebo	0.45	terrazas de formación paulatina con frutales	0.45	7,300	\$3,285.00	Cuenca Media	0.45
Girasol	12.88	terrazas de formación paulatina con frutales	12.88	7,300	\$94,024.00	Cuenca Media	12.88
	<b>5,810.15</b>		<b>5,810.15</b>		<b>\$29'077,902.26</b>		<b>5,810.15</b>

**Cuadro 9.** Prácticas propuestas para la cuenca alta, media, baja y San Simón, en el rango de pendiente de 5-15%

Tipo	Ubicación de la práctica	Superficie (ha)
Terrazas de formación paulatina con frutales	Cuenca Alta	1,000
Barreras vivas	Cuenca Alta	369.1
terrazas de formación paulatina con frutales	Cuenca Alta	1300
Barreras vivas	Cuenca Alta	100
Praderas	Cuenca Alta	113.54
Plantaciones forestales comerciales	Cuenca Alta	25.98
terrazas de formación paulatina con frutales	Cuenca Alta	40
Barreras vivas	Cuenca Alta	13.87
terrazas de formación paulatina con frutales	Cuenca Alta	50
Barreras vivas	Cuenca Alta	24.17
Mantenimiento de la vegetación nativa	Cuenca Alta	510.84
	<b>Subtotal</b>	<b>3,547.5</b>
Cultivo de cobertera con surcado al contorno	Cuenca Baja	10.11
	<b>Subtotal</b>	<b>10.11</b>
Terrazas de formación paulatina con frutales	Cuenca Cerrada San Simón	900
Barreras vivas	Cuenca Cerrada San Simón	373.2
terrazas de formación paulatina con frutales	Cuenca Cerrada San Simón	100
Barreras vivas	Cuenca Cerrada San Simón	100
Praderas	Cuenca Cerrada San Simón	44.55
	<b>Subtotal</b>	<b>1,517.75</b>
Terrazas de formación paulatina con frutales	Cuenca Media	100
Barreras vivas	Cuenca Media	111.88
terrazas de formación paulatina con frutales	Cuenca Media	100
Barreras vivas	Cuenca Media	100
Praderas	Cuenca Media	141.86
Cultivo de cobertera con surcado al contorno	Cuenca Media	89.89
Barreras vivas	Cuenca Media	1.46
terrazas de formación paulatina con frutales	Cuenca Media	20
Barreras vivas	Cuenca Media	12.46
Terrazas de formación paulatina con frutales	Cuenca Media	8.42
Barreras vivas	Cuenca Media	8.42
Reforestación con tinajas ciegas	Cuenca Media	5.71
Pastoreo controlado	Cuenca Media	10.11
Praderas	Cuenca Media	11.25
terrazas de formación paulatina con frutales	Cuenca Media	0.45
Terrazas de formación paulatina con frutales	Cuenca Media	12.88
	<b>Subtotal</b>	<b>734.79</b>
<b>T o t a l</b>		<b>5,810.15</b>



En el rango de pendiente de 15-30% encontramos 624.82 ha sin prácticas de conservación, de las cuales casi la totalidad de éstas son tierras agrícolas, este es un hecho significativo, ya que las tasas de erosión bajo estas circunstancias se incrementan considerablemente, por lo que las prácticas de conservación deben tender a ser permanentes y tratar de inducir a reconvertir las actividades agrícolas a forestales. En este rango de pendiente, las prácticas más adecuadas son aquellas que consideran barreras físicas para disminuir la velocidad del escurrimiento y la retención de sedimentos, así como aquellas que mantienen una cubierta vegetal densa y permanente, es por ello que en la propuesta se están considerando las terrazas de formación paulatina con frutales, cultivos de cobertera con surcado al contorno, praderas, barreras vivas, plantaciones forestales, terrazas individuales y para el caso en donde se cuenta vegetación nativa, el pastoreo controlado y el mantenimiento de dicha vegetación, en el **Cuadro 10** se muestra la superficie ocupada para cada uso, las prácticas propuestas así como su distribución en la cuenca de Valle de Bravo.

En el **Cuadro 11** se observa que las tierras en el rango de pendiente de 15-30% de pendiente se ubican en su mayoría en la cuenca alta con 522.76 ha. En este orden de importancia, la cuenca cerrada San Simón ocupa 51.94 ha y la cuenca media cuenta con 50.1 ha. Se muestra también en el mismo cuadro la distribución de las prácticas de conservación así como la superficie.

Para pendientes mayores de 30% (**cuadro 12**) se encontró una superficie de 28.67 ha, la cual podría considerarse poco representativa, sin embargo, bajo estas condiciones las tasas de erosión son muy altas al igual que las tasas de escurrimiento, lo cual provoca daños en tierras aguas abajo, por lo cual es imperante atenderlas con prácticas de conservación. En las prácticas propuestas es necesario considerar una cubierta vegetal permanente, como es el caso de las plantaciones forestales comerciales y de las praderas, así como de las terrazas individuales, ya sea con especies frutales o forestales. La totalidad de esta superficie se encuentra en la cuenca alta.

**Cuadro 10.** Uso de suelo y propuestas de prácticas en el rango de pendiente de 15-30%

Uso de suelo	Superficie	Prácticas conservacionistas propuestas				Ubicación de la práctica	Superficie (ha)
		Tipo	Superficie	Costo/ha	Subtotal		
Maíz	227.77	terrazas de formación paulatina con frutales	100	7300	\$730,000.00	Cuenca Alta	100
		Cultivo de cobertera con surcado al contorno	40	4000	\$160,000.00	Cuenca Alta	15.86
		Praderas	40	2800	\$112,000.00	Cuenca Cerrada San Simón	24.14
		Barreras vivas	20	412	\$8,240.00	Cuenca Alta	40
		Plantaciones comerciales forestales	15	20900	\$313,500.00	Cuenca Cerrada San Simón	13
		Terrazas individuales	12.77	55000	\$702,350.00	Cuenca Media	7
							Cuenca Alta
Sin cultivo	340.67	terrazas de formación paulatina con frutales	150	7300	\$1,095,000.00	Cuenca Alta	150
		Cultivo de cobertera con surcado al contorno	60	4000	\$240,000.00	Cuenca Alta	53.34
		Praderas	60	2800	\$168,000.00	Cuenca Media	6.64
		Barreras vivas	40	412	\$16,480.00	Cuenca Alta	30
		Plantaciones comerciales forestales	20	20900	\$418,000.00	Cuenca Media	30
		Terrazas individuales	10.67	55000	\$586,850.00	Cuenca Alta	25.2
							Cuenca Cerrada San Simón
Papa	0.7	Pradera	0.7	2800	\$1,960.00	Cuenca Alta	0.70
Haba	7.6	terrazas de formación paulatina con frutales	4	7300	\$29,200.00	Cuenca Alta	4.0
		Barreras vivas	3.6	412	\$1,483.20	Cuenca Alta	2.4
						Cuenca Media	1.2
Zacatón	42.82	Mantenimiento de la vegetación nativa	42.82	200	\$8,564.00	Cuenca Alta	42.82
		Pastoreo controlado					
Pasto natural	2.54	Pradera	2.54	2800	\$7,112.00	Cuenca Media	2.54
Chícharo	1.37	terrazas de formación paulatina con frutales	1.37	7300	\$10,001.00	Cuenca Media	1.37
Girasol	1.35	terrazas de formación paulatina con frutales	1.35	7300	\$9,855.00	Cuenca Media	1.35
	<b>624.82</b>		<b>624.82</b>		<b>\$4'618,595.20</b>		<b>624.8</b>

**Cuadro 11.** Prácticas propuestas para la cuenca alta, media, baja y San Simón, en el rango de pendiente de 15-30%

Tipo	Ubicación de la práctica	Superficie (ha)
terrazas de formación paulatina con frutales	Cuenca Alta	100
Cultivo de cobertera con surcado al contorno	Cuenca Alta	15.86
Praderas	Cuenca Alta	40
Plantaciones comerciales forestales	Cuenca Alta	15
Terrazas individuales	Cuenca Alta	12.77
terrazas de formación paulatina con frutales	Cuenca Alta	150
Cultivo de cobertera con surcado al contorno	Cuenca Alta	53.34
Praderas	Cuenca Alta	30
Barreras vivas	Cuenca Alta	25.2
Plantaciones comerciales forestales	Cuenca Alta	20
Terrazas individuales	Cuenca Alta	10.67
Praderas	Cuenca Alta	0.7
terrazas de formación paulatina con frutales	Cuenca Alta	4
Barreras vivas	Cuenca Alta	2.4
Mantenimiento de la vegetación nativa	Cuenca Alta	42.82
	<b>Subtotal</b>	<b>522.76</b>
Cultivo de cobertera con surcado al contorno	Cuenca Cerrada San Simón	24.14
Barreras vivas	Cuenca Cerrada San Simón	13
Barreras vivas	Cuenca Cerrada San Simón	14.8
	<b>Subtotal</b>	<b>51.94</b>
Barreras vivas	Cuenca Media	7
Cultivo de cobertera con surcado al contorno	Cuenca Media	6.64
Praderas	Cuenca Media	30
Barreras vivas	Cuenca Media	1.2
Pradera	Cuenca Media	2.54
terrazas de formación paulatina con frutales	Cuenca Media	1.37
terrazas de formación paulatina con frutales	Cuenca Media	1.35
	<b>Subtotal</b>	<b>50.1</b>
<b>T o t a l</b>		<b>624.8</b>

**Cuadro 12.** Uso de suelo y propuestas de prácticas en el rango de pendientes mayores al 30%

Uso de suelo	Superficie	Propuesta de prácticas conservacionistas				Ubicación de la práctica	Superficie (ha)
		Tipo	Superficie	Costo/ha	Subtotal		
Maíz	7.86	Plantaciones comerciales forestales	7.83	20900	\$163,647.00	Cuenca Alta	7.86
Sin cultivo	20.75	Plantaciones comerciales forestales	10	20900	\$209,000.00	Cuenca Alta	10
		Terrazas individuales	5	55000	\$275,000.00	Cuenca Alta	5
		Praderas	5.81	2800	\$16,100.00	Cuenca Alta	5.75
	<b>28.67</b>		<b>28.67</b>		<b>\$663,915.00</b>		<b>28.67</b>

En resumen, para la cuenca Valle de Bravo se recomienda la realización de esta actividad de prácticas de conservación de suelo y agua en el mediano plazo en las áreas identificadas en los diferentes niveles de la cuenca, para lo cual se deberá desembolsar una cantidad aproximada a los **\$41'456,216.00**.

En el mapa anexo: "**Perfil de proyecto: Conservación de Agua y Suelo para Áreas en conflicto de uso**", se muestra la distribución de las áreas que no presentan prácticas de conservación en la cuenca Valle de Bravo y en las que se debería de establecer estas acciones a corto y mediano plazos.

#### **5.4 Perfil de proyecto: *Tecnificación de las áreas de riego mediante sistemas de baja presión***

De acuerdo con el inventario de superficies bajo riego de la cuenca Valle de Bravo que desarrolló el IMTA para la GRAVAMEXSC en 2002, existe una superficie bajo riego dominada de aproximadamente 4,244 ha, de las cuales se riega cada ciclo menos de la mitad con 1,790 ha. Es para esta última superficie que se recomienda la tecnificación del riego que permita modernizar la agricultura irrigada.

**¿Qué es la tecnificación del riego parcelario?** Existen en el país zonas en las que la producción de cultivos depende del agua de lluvia; a esto se le conoce como agricultura de temporal. En otras partes, el desarrollo de los cultivos depende de la aplicación artificial del agua al suelo; a esto se le denomina agricultura de riego.

Por muchos años la práctica de riego de los cultivos en México se ha realizado por gravedad o "riego rodado". Hasta la fecha, la mayor parte de las zonas bajo riego utilizan riego por surcos y riego por melgas. Esta forma de riego tradicional, sin embargo facilita la existencia de grandes pérdidas de agua en la parcela. Además de lo anterior, ocurren también bastantes pérdidas de agua por infiltración en la conducción del agua, de la fuente de abastecimiento hasta el lugar donde se usará, pues comúnmente el agua es transportada por canales de tierra sin revestir. Esta situación y la cada vez más escasa disponibilidad de agua hace pensar en que se debe tecnificar el riego.

Ahora bien, **¿qué se entiende por tecnificar el riego?** En el presente contexto, tecnificar el riego quiere decir hacer un uso eficiente del agua necesaria para el desarrollo de los cultivos (**Figura 6**).



**Figura 6.** Tecnificación del sistema de riego con tubería de compuertas

Esto considera, de manera integral, hacer mejoras en todos los componentes del proceso (almacenamiento, conducción, distribución y aplicación), lo cual traerá como consecuencia un aprovechamiento racional de los recursos naturales suelo y agua (**Figura 7**).



**Figura 7.** Manejo eficiente del agua de riego con el sistema de tuberías con multicompuertas

### Descripción de los métodos de riego

Existen **tres métodos de riego: presurizados, superficiales y subsuperficiales**. Cada uno tiene sus características muy particulares y su aplicación estará en función de: el cultivo, el gasto disponible, la pendiente, el relieve del terreno, las características del suelo, el clima, la calidad del agua, el costo de los sistemas y el valor del agua.

**Riego superficial:** En este método de riego el agua se aplica sobre la superficie del suelo, en la parte más alta del terreno para que se mueva por gravedad; así, una parte del agua penetra en el suelo, mientras que la otra parte se escurre. Lo anterior estará en función de la pendiente del terreno y la velocidad de infiltración del suelo.

Este método de riego tiene dos grupos: inundación total (melgas), en el que la superficie del suelo es cubierta totalmente por el agua; e inundación parcial (surcos), en el que sólo se inunda el fondo de los cauces, y los bordos se humedecen por capilaridad.

**Riego presurizado:** En este sistema el agua es conducida a través de tuberías hasta el emisor, el cual se localiza en el punto de aplicación, minimizándose las pérdidas por conducción.

Por el tipo de emisor empleado se tienen los siguientes sistemas: aspersión, en el que el agua se aplica sobre el cultivo en forma de lluvia; micro aspersión, el agua se aplica por abajo de los árboles, también en forma de lluvia; borboteo, el agua se aplica al pie de los árboles en forma de chorros y finalmente, goteo, en el que el agua se aplica en pequeñas gotas sobre la zona radical.

**Riego subsuperficial:** Este método consiste en suministrar el agua al suelo, a una profundidad tal que pueda distribuirse en la zona radical por capilaridad. Este método de riego tiene dos modalidades: con manto freático y con cinta regante.

La primera variante se emplea en zonas con nivel freático somero. Mediante un canal de tierra se aporta agua al acuífero con objeto de elevar su nivel, hasta que se humedezca la zona de raíces, por capilaridad.

La segunda variante de este método, muy empleada en hortalizas, consiste en aplicar el agua mediante una cinta de polietileno o con emisores integrados, que se entierra a una profundidad aproximada de 15 a 20 cm, de tal forma que el agua se aplica directamente en la zona radical.

### **Objetivo de la tecnificación del riego**

Cuando se habla de tecnificar el riego, se vienen a la mente diversos objetivos: aplicar láminas uniformes de riego, utilizar menos mano de obra, regar en menos tiempo, reducir consumo de energía, mejorar la calidad del producto, reducir el consumo de agua, etc. Así, puede decirse que el objetivo general de tecnificar el riego, implica, de manera integral, ahorrar agua, aumentar productividad y reducir costos.

### **Consideraciones de diseño para la tecnificación del riego parcelario**

Como ya se mencionó, los principales factores que afectan la selección del método de riego y rigen el diseño del sistema son: las características del cultivo, el gasto disponible, la pendiente y el relieve del terreno, la velocidad de infiltración del agua en el suelo, el costo del agua para riego, la velocidad del viento y los objetivos de los productores.

Ahora bien, seleccionar el método de riego es solo el primer paso del proceso. Una vez decidido el tipo de riego apropiado, lo que hay que hacer es diseñar el sistema. Al respecto, puesto que cada usuario puede tener diferentes cultivos, diferentes tipos de suelo, diferentes caudales disponibles, diferente topografía en sus terrenos, etc., no es posible hacer de manera general los diseños de sistemas de riego para cada combinación posible. Es seguro que cada parcela/cultivo requerirá un sistema de riego para sus condiciones muy particulares (gasto y carga de agua disponible, longitud de conducción, topografía en la parcela, longitud de surcos, etc.). Cualquier diferencia en una de las características mencionadas puede significar por ejemplo un cambio de diámetro en la tubería, más o menos metros de tubería, diferente longitud de surcos, etc.

Por lo anterior, a continuación se describe brevemente la relación de los factores mencionados, con los métodos de riego, con la intención de guiar a los usuarios y/o técnicos de riego en la selección y diseño del sistema de riego a implementar. Sin embargo, para llevar a cabo el diseño, se requiere de información específica de campo.

**Características del cultivo:** El sistema de riego debe satisfacer la demanda máxima de agua por los cultivos. Los cultivos de cobertura total se pueden regar por melgas y con sistemas de aspersión. Los cultivos en hileras se pueden regar por surcos, melgas, aspersión y goteo. Los frutales se pueden

regar con cajetes, microaspersión y borboteo. Las hortalizas pueden regarse por goteo por la facilidad de aplicar agroquímicos con alta uniformidad.

**El gasto disponible:** El gasto disponible influye en la selección del método de riego. La ventaja de usar sistemas de conducción con alta eficiencia es mayor mientras menor es el gasto disponible. Cuando los gastos son menores de 60 lps, los sistemas entubados, ya sean de alta o baja presión, tienen ventajas con respecto a los de gravedad, ya que permiten minimizar las pérdidas de agua por conducción y facilitan su aplicación.

**Pendiente del terreno:** La pendiente influye en la velocidad de desplazamiento del agua sobre el terreno. Si la pendiente es menor del 1.5%, se puede emplear cualquier método de riego mencionado (superficial, subsuperficial y presurizado). En terrenos con pendiente mayor de 1.5% se recomienda usar métodos presurizados, pues permite mayor control del agua.

En el riego por surcos, la pendiente a lo largo de la tirada no debe exceder el 0.5%, con el fin de evitar problemas de erosión y de distribución del agua; y la pendiente en el sentido transversal, no debe ser mayor del 4%.

En el caso de riego por melgas, se requiere que el terreno esté plano y liso. La pendiente a lo largo de la tirada debe ser menor de 0.5% y la pendiente a lo ancho de la melga debe ser cercana a cero.

El riego por aspersión en cambio, puede emplearse en terrenos con pendientes hasta del 15%; en suelos poco arcillosos. En terrenos con pendiente alta, las tuberías regantes se deben colocar a nivel y las distribuidoras en el sentido de máxima pendiente.

**Relieve del terreno:** El riego por gravedad requiere que aquellos terrenos con montículos y/o depresiones se nivelen. Si el costo de movimiento del suelo es muy elevado, debe considerarse la posibilidad de instalar un sistema de riego presurizado, con el objeto de escoger el más económico.

Al hacer movimiento de volúmenes de tierra para la nivelación debe considerarse la profundidad del suelo, para no afectar la productividad del suelo al eliminar la capa fértil. Si esto ocurre, instale mejor un sistema de riego presurizado.

El sistema de riego por aspersión permite tener algunas irregularidades en el terreno, y a mayor presión en los aspersores, menor es el efecto de los desniveles en el microrelieve. La diferencia de gastos máxima permisible entre los aspersores críticos de una regante estándar es del 10%; lo cual corresponde a una diferencia de sus presiones de operación del 21%. La presión de operación de los aspersores estándar es de más/menos 3.0 kg/cm<sup>2</sup> (30 m), lo que permite una diferencia de presión de más/menos 0.6 kg/cm<sup>2</sup> (6m); por lo que desniveles de dos a tres metros no influyen mucho en la descarga de los aspersores.

**La velocidad de infiltración del agua en el suelo:** La velocidad de infiltración del agua en el suelo depende de la textura del mismo. En suelos arenosos, la infiltración es muy rápida, mientras que en los arcillosos es más lenta. En la mayoría de los suelos, la velocidad de infiltración es más rápida en los primeros 20 a 30 minutos del riego, debido a que el agua ocupa los espacios grandes y conforme se saturan, se reduce el efecto de absorción capilar.

Cuando la velocidad de infiltración básica es de media a baja (menos de 3.0 cm/h) se puede regar por surcos y por melgas con altas eficiencias, con facilidad y con bajo costo. En suelos con velocidad de infiltración básica de media a alta (mayor de 3.0 cm/h), los métodos más recomendables son el de aspersión y goteo. En suelos con velocidad de infiltración básica media (1.0 a 3.0 cm/h) se puede usar cualquier método de riego.

**La capacidad de retención de la humedad:** La capacidad de retención de humedad es la cantidad de agua que retiene el suelo después de que se ha regado y drenado el agua libre por acción de la gravedad y se asocia directamente con la textura del suelo. El Cuadro 1 del apartado de Anexos, presenta valores típicos expresados como lámina de agua (mm) que retiene un suelo por centímetro de espesor. Mientras más arcilloso es el suelo, mayor cantidad de agua podrá retener y por otro lado, mientras más arenoso, menor capacidad de retención tendrá.

El espesor del suelo agrícola es muy importante para determinar la capacidad total de retención de humedad. La información presentada en el Cuadro 1 debe multiplicarse por el espesor del suelo para obtener la lámina total retenida por el suelo. Así, cuando se nivelan los suelos, se debe dejar suficiente capacidad de retención de humedad para el riego por gravedad. Si existe una baja capacidad de retención, deben usarse sistemas de riego presurizado.

En el riego por gravedad se requieren intervalos grandes de riego, debido entre otras causas al costo de la mano de obra. Debido a esto, los suelos de alta capacidad de retención de humedad no tienen problemas con este método de riego. En suelos con baja capacidad de retención, es mejor usar riego presurizado, aplicando láminas pequeñas, pero con intervalos cortos de tiempo.

**Acción del viento:** El viento puede afectar la eficiencia de aplicación del agua en riego por aspersión. El patrón de mojado es muy sensible a la velocidad del viento, ya que se aplica menos agua en el lado de donde proviene el viento y más en el otro lado. En general en zonas donde la velocidad del viento es mayor de 10 – 15 km/h el riego por aspersión no es recomendable ya que limitaría al sistema a regar solo de noche o durante temporadas sin viento.

**El costo del agua:** Cuando el agua para riego se extrae de un acuífero subterráneo, los costos de producción son muy altos si se comparan con un sistema de riego cuya fuente son aguas superficiales. Por esta razón, mientras mayor sea el costo del agua, más se justifica el uso de sistema de conducción entubada o sistemas de riego presurizado. Esto permite reducir los volúmenes de agua y el ahorro de energía, lo que se traduce en mayor rentabilidad de la inversión.

**Los objetivos del productor:** Los objetivos del productor son también determinantes en la selección del método de riego. Los productores de hortalizas deben cuidar la uniformidad de distribución del agua, fertilizantes y agroquímicos, por lo que para ellos será muy apropiado el riego por goteo.

Los agricultores que producen cultivos de cobertura total como alfalfa o ebo, pueden usar sistemas de riego por melgas o por aspersión. Los fruticultores pueden utilizar sistemas de riego superficial como cajetes o sistemas de microaspersión. Si se desea regar diferentes lotes con el mismo sistema de riego, se puede hacer con sistemas portátiles.



## Diseño de redes pequeñas con tubería de baja presión (*tubería de compuertas*)

A continuación, de manera resumida se presenta el procedimiento para proyectar redes pequeñas de riego con tubería de baja presión. Aunque en este caso se está refiriendo al uso de tubería de compuertas para la aplicación del riego, en realidad también se puede hacer por medio de sifones.

La característica principal de un sistema de distribución a base de tubería de baja presión es su alta flexibilidad en el manejo del agua y su alta eficiencia en la conducción.

Se entiende por flexibilidad la capacidad que el sistema tiene para poder entregar el agua a los usuarios en tiempos relativamente cortos. Para ello, se requiere un ligero sobredimensionamiento de la red con respecto al riego por turnos, y, por lo tanto, un mayor costo inicial. Con lo anterior se busca que los sistemas de distribución interparcelarios puedan garantizar el suministro oportuno del agua y no constituyan una limitante a futuro en caso de que se modernicen los sistemas de distribución mayor.

El sistema de tubería de baja presión, comparado con un sistema tradicional de redes de canales, tiene las siguientes ventajas:

- a) Presenta pocas pérdidas de agua por filtración y evaporación, incrementando por consiguiente la eficiencia de conducción.
- b) Presenta una rápida respuesta, ya que la red generalmente permanece llena.
- c) su costo por mantenimiento es mínimo.
- d) Es de operación sencilla.
- e) El usuario tiene gran libertad para la elección del momento de riego y de la cantidad de agua que quiera utilizar.
- f) Puede conseguirse una longitud menor de la red, debido a que su trazo no está obligado a seguir linderos, ni determinada pendiente.

Con lo anterior en mente, se irán describiendo los pasos a seguir en la proyección de una red de riego con tubería de baja presión. De esta forma, la información básica requerida es la siguiente:

- a) Lámina bruta e intervalo crítico de riego durante el período de máxima demanda.
- b) Gasto por surco o por ancho unitario de melga que maximiza la eficiencia de aplicación del riego.
- c) Longitud máxima de riego.
- d) Plano topográfico, en donde se muestran curvas de nivel y cada una de las parcelas que componen el área de riego que se va a beneficiar con sus respectivas dimensiones y sentido actual del riego.
- e) Nivel normal de aguas en la toma del canal que suministra el agua a la red.
- f) Capacidad del canal o de la toma granja que suministrará el agua a la red.

Es necesario además considerar preferencias y costumbres de los usuarios en el manejo del riego, destacando: Horarios de riego, días que no acostumbran regar, método de riego empleado (surcos, melgas), gasto que maneja el usuario en la parcela.

**Proyecto de la red de distribución:** El proyecto de la red consiste en definir el trazo más adecuado, tanto en planta como en perfil, así como en definir el diámetro óptimo económico de cada tramo de la red.

**Ubicación de las tomas o hidrantes:** De entrada, hay que definir la ubicación de las tomas o hidrantes. Para ello, se necesita el plano topográfico de la zona, donde deben ubicarse las parcelas de los usuarios. Cuando se riega con sifones, los hidrantes deben estar en la parte más alta de la parcela, pero esto no es requerido cuando se utiliza tubería de compuertas en la aplicación del agua. Esto permite disminuir la longitud de la red de distribución.

Por lo general, la toma se localiza en la cabecera de la parcela y, en caso de que la longitud en el sentido del riego rebasa la máxima permisible, se coloca otra línea regante a la mitad de la misma. Para la localización de las tomas se debe considerar que el riego se traza en el sentido de la máxima pendiente en cada parcela, de tal forma que en el sentido transversal del riego la pendiente sea mínima, con lo que se favorecen las condiciones para riego por melgas, siempre y cuando no se afecte al riego por surcos. Este criterio permite colocar la tubería de compuertas en el sentido de mínima pendiente, condición necesaria para su mejor funcionamiento.

Cuando la red se proyecta con tubería de baja presión es recomendable utilizar tubería de compuertas para una mejor distribución y aplicación del agua.

**Gasto modular:** Se denomina gasto modular al gasto que maneja el usuario en cada toma parcelaria. Para el diseño de la red se puede adoptar el gasto modular que están acostumbrados a manejar los usuarios, o bien, estimar el gasto modular que haga eficiente la aplicación del riego en cada parcela, dependiendo si el riego es por surcos o por melgas.

**Riego por surcos:** Se determina el número de surcos con la siguiente relación:

$$N_{\text{sur}} = B_p/d$$

donde  $N_{\text{sur}}$  es el número de surcos;  $B_p$  la longitud ortogonal al sentido de riego, correspondiente al ancho de la parcela (L); d, el espaciamiento entre surcos (L).

Se determina el gasto requerido para regar todos los surcos simultáneamente:

$$Q_t = N_{\text{sur}} q_s$$

donde  $Q_t$  es el gasto total requerido ( $L^3 T^{-1}$ );  $q_s$  el gasto por surco que maximiza la eficiencia de aplicación ( $L^3 T^{-1}$ ).

El gasto modular se calcula como sigue:

$$Q_m = Q_t/n$$

donde  $Q_m$  es el gasto modular ( $L^3 T^{-1}$ );  $n = 1, 2, 3$ , etc. (número de puestas de riego).

Una puesta de riego corresponde al número de surcos o melgas regadas simultáneamente con el gasto aportado por una toma parcelaria. El número de puestas elegido debe ser tal que el gasto modular que resulte se aproxime al gasto que soliciten o acostumbren los usuarios.

**Riego por melgas:** El gasto total para regar todas las melgas simultáneamente se obtiene directamente con la siguiente ecuación:

$$Q_t = B_p q_m$$

donde  $q_m$  es el gasto por ancho unitario de melga que maximiza la eficiencia de aplicación del riego ( $L^2 T^{-1}$ ).  $B_p$  fue ya definido en la sección de riego por surcos (L).

El gasto modular se obtiene a partir de la ecuación presentada en la sección anterior (riego por surcos). El ancho de una puesta de riego deber ser submúltiplo del ancho de la parcela y, a su vez, el ancho de la melga debe ser submúltiplo del ancho de una puesta de riego.

El gasto modular así definido se determina para cada parcela, regada por melgas o surcos, según sea el caso. Si se riega con ambos métodos, seleccionar el mayor gasto. Para el diseño de la red se calcula el gasto modular medio ponderado con la siguiente ecuación:

$$Q_m = 1/S_t \text{ (Sumatoria de } i \text{ hasta } n \text{ del producto de } Q_{mi} \text{ por } S_i)$$

donde  $Q_{mi}$  es el gasto modular de la toma  $i$  ( $L^3 T^{-1}$ );  $S_i$  la superficie que domina la toma es ( $L^2$ );  $S_t$  la superficie total ( $L^2$ );  $n$  el número de tomas.

**Trazo de la red:** Con base en la ubicación de las tomas definidas, se propone el trazo de la red colectiva de riego de tal forma que todas las tomas queden conectadas a la fuente de alimentación. Para el trazo de la red es conveniente considerar las siguientes recomendaciones.

- a) El trazo se realiza de tal forma que los ramales se alejen lo más rápidamente posible del punto de cabecera.
- b) Debe procurarse que el trazo de la red sea tal que el agua avance de los puntos topográficamente más elevados hacia los más bajos.
- c) Los ramales de mayor capacidad deben dirigirse hacia la zona de riego con mayor demanda de agua.
- d) Las conexiones entre las tomas deben realizarse en forma ordenada. Puede partirse de una toma cualquiera, de preferencia de la cabecera, y a ella se le une la toma más próxima, a la que, a su vez, se le une la más cercana. El proceso se repite hasta que todas quedan unidas.
- e) El trazo que resulta puede corregirse para minimizar su longitud total, creando para ello nuevos nudos o bifurcaciones si es necesario.
- f) Una toma local que deba derivar de ramal principal de la red, se traza perpendicularmente.

En el trazo que de esta forma resulte, se consideran factores sociales, topológicos, orográficos, etc., que en un momento dado pueden modificar el trazo original. En casos justificados se realiza un trazo por los linderos.

**Medición del perfil y longitud de la red:** Una vez definido el trazo, se determina en campo el perfil de cada una de las líneas trazadas indicándose las cotas del terreno natural a cada 20 ó 50 m, en cada toma y al final de cada tramo, así como la longitud de cada tramo.

**Cálculo de caudales para cada tramo:** El gasto que circulará en cada tramo de la red deberá corresponder al período de máxima demanda durante la época de riego.

Las dimensiones de la red están fuertemente influenciadas por la modalidad de aplicación de riego seleccionada, ya que, por ejemplo, si la red colectiva se proyecta a la demanda, esto implica un mayor

costo de la infraestructura que si se proyecta a riego por turnos. El sistema se proyecta para lograr la máxima garantía de suministro, de acuerdo con el gasto disponible que abastece a la red. La garantía de suministro es la probabilidad de que los caudales circulantes por la red no superen a los de diseño. La red interparcelaria se diseña para obtener la máxima flexibilidad en el manejo del riego.

El cálculo del gasto que circula en cada tramo de la red puede determinarse considerando la función de distribución probabilística binomial o con la distribución normal ajustada a partir de la binomial.

Debe recordarse que para definir el gasto de diseño de cada tramo de la red, se debe considerar el número de tomas que pueden operar simultáneamente en toda la zona de riego y debe también calcularse la máxima garantía de suministro.

**Presión requerida en la toma:** Cuando el agua se aplica por tuberías de compuertas, debe calcularse la carga en cada toma. Esto puede hacerse mediante la siguiente relación:

$$N = L/d_c$$

donde N es el número de salidas (compuertas que operan simultáneamente);  $L_1$  la longitud de la tubería por puesta de riego (L);  $d_c$  la distancia entre compuertas de la tubería (L).

Se define el diámetro de la tubería con compuertas que se va a utilizar. El gasto que circulará por la tubería es igual al gasto modular ( $Q_m$ ) en caso de regar en una sola dirección, o igual a la mitad, en caso de regar en dos direcciones simultáneamente.

Se calculan las pérdidas de carga para una tubería con salidas múltiples empleando la ecuación de Hazen-Williams.

La carga media sobre la compuerta para obtener el gasto deseado, se obtiene a partir de tablas que reporta el fabricante. En el Cuadro 3 del apartado de Anexos se presentan valores reportados por Tubos Flexibles, S. A. de C. v. A partir de los datos presentados, para una compuerta completamente abierta, se puede utilizar la siguiente relación:

$$h = 0.0398118 q^{2.079417}$$

donde q es el gasto por compuerta, en lps; h la carga sobre la compuerta en metros.

**Rango de aplicación:** El procedimiento para el diseño de redes interparcelarias de tubería de baja presión, también es válido para definir caudales de diseño en cada tramo de la red, cuando ésta se proyecta con canales. Las diferencias básicas entre estas dos opciones son: el trazo de la red, dimensiones de la misma y las pérdidas de carga por conducción por tramo. En la elección entre una u otra deben considerarse costos, facilidad en el manejo, disponibilidad de materiales y viabilidad técnica, entre otras.

La metodología planteada puede aplicarse prácticamente para cualquier gasto. La limitante en este sentido está dada básicamente por la disponibilidad de materiales y accesorios en el mercado. La tecnología empleada en México ofrece tubería, conexiones y accesorios de PVC con capacidad de conducir a baja presión ( $kg/cm^2$ ) gastos hasta de  $4 m^3/s$ , en función de la topografía del terreno.

Con respecto a la velocidad, la restricción de un sistema de tubería de baja presión se centra fundamentalmente en la carga disponible en la cabecera de la red, la cual, indirectamente, junto con la pendiente del terreno, fija los diámetros óptimos económicos en cada tramo de la red, y éstos, a su vez, la velocidad del agua en la tubería. A manera de guía en el Cuadro 4 del apartado de Anexos se presentan velocidades máximas y mínimas permisibles en función del diámetro de la tubería.

### **Diseño del sistema de riego con tubería con compuertas**

Para la elaboración del diseño tipo de riego, se tomará una parcela representativa del área. Se eligió así como ejemplo una parcela en el Ejido de Santa María Pipioltepec, Municipio de Valle de Bravo. El objetivo es la tecnificación de la red de distribución interparcelaria de riego y la aplicación de riego parcelario mediante tubería con compuertas en una superficie de 1.7 ha. La información básica considerada es la siguiente:

**Localización:** La superficie a regar en el proyecto es de 1.7 ha, localizada en el Ejido de Santa María Pipioltepec, Municipio de Valle de Bravo, en el Estado de México.

**Fuente de abastecimiento:** El área de riego es abastecida por una toma directa, presentando un desnivel de 10 metros con respecto al punto más alto de la parcela.

**Suelo:** La textura del suelo es franco arenosa.

**Topografía:** Para el diseño del riego se requiere un levantamiento topográfico detallado. En el caso particular, se dispuso de plano de curvas a nivel a cada 20 cm, además de datos del levantamiento topográfico del perfil del canal interparcelario que une la obra de toma con la parcela beneficiada.

**Cultivos:** Los cultivos considerados en el análisis para determinar las necesidades de riego, con fines de diseño de la red de distribución fueron: maíz, frijol, alfalfa, papa y frutales como manzana, aguacate y durazno.

### **Diseño del sistema**

**Diseño del riego parcelario:** Para abaratar costos y considerando además la división de predios ya existente y el sentido de la pendiente, se consideró la localización actual de la regadera y la dirección de riego en la parcela. Se utilizó asimismo la longitud de riego actual en el predio. En cuanto al volumen disponible, se encontró que en promedio los usuarios de la zona de riego disponen de 20 litros por segundo.

**Ubicación y capacidad de las tomas:** Para la ubicación de las tomas se consideró que el riego se aplicará mediante tuberías con compuertas. La dirección del riego será la misma con la que actualmente se aplica el riego. Considerando además que la superficie total se divide en dos lotes: uno de frutales y el otro de cultivo anual. Se planteó ubicar un hidrante al centro de cada lote; es decir, en total habrá dos hidrantes. De esta forma, cada hidrante regará un ancho de cabecera de 70 m; 35 m hacia la derecha y 35 m hacia la izquierda.

Para la aplicación del riego en la parcela se utilizarán tuberías con compuertas. Esta se conectará a cada hidrante a través de una "T" de riego, para lo cual se necesitan 70 m de tubería con compuertas, en tramos de 6 m.

**Gasto de diseño por tramo:** El gasto a circular en cada tramo de la red se determinó en función del número de tomas que estarán abiertas simultáneamente en el tramo en cuestión, para satisfacer los requerimientos de riego de los cultivos dentro del intervalo de riego crítico en la superficie de dominio de cada toma.

**Dimensionamiento de la red:** El sistema de riego dispone de una carga de presión (desnivel) muy grande, por lo que el diámetro de tubería seleccionado es el menor correspondiente al gasto de diseño de 20 litros por segundo. La carga en cada toma se definió de 1.70 m y de 1.5 m, esto satisface la carga requerida para el funcionamiento de la tubería con compuertas, cubrir la pérdida de carga que se genera en la línea regante (tubería con compuertas) que abastece la toma respectiva y además vencer un pequeño desnivel en la línea de tubería con compuertas.

**Obra de toma:** La obra de toma considera la construcción de un registro y la instalación de un sistema de rejillas para evitar la entrada de basura, roedores y demás partículas que puedan obstruir y taponear la circulación del agua dentro de la tubería. Las rejillas se colocarán a la entrada del registro y a la salida, en la conexión con la tubería de PVC. En el registro se consideró una trampa para azolves.

## Operación del sistema

**Flexibilidad de riego del sistema:** El sistema de riego tiene capacidad para operar una sola toma-hidrante, con gasto de 20 litros por segundo. La lámina de riego por aplicar a nivel de parcela es de 12 centímetros.

**Tiempo y láminas de riego:** El tiempo de riego para cubrir las necesidades de agua de la parcela de 1.7 ha aplicando una lámina de riego de 12 centímetros, con un gasto modular de 20 litros por segundo es de 28.3 horas. Si se decide regar solamente durante el día se necesitan dos días, iniciando a las 06 horas y finalizando a las 20 horas. Puede hacerse también el riego en tres turnos de 9 horas y media cada uno.

## Excavación y rellenos

El volumen de excavación y de relleno, se determinó con base en la longitud, diámetro de la tubería y la profundidad de la zanja. La zanja se construye de una profundidad total de 1.05 metros, de tal manera que al colocar la tubería (6 pulgadas), ésta quede enterrada a una profundidad mínima de 0.90 m.

## Costos de establecimiento

De acuerdo al dimensionamiento de la red se obtuvieron las cotizaciones de excavación, tubería, conexiones, piezas especiales, hidrantes y tubería con compuertas. Debe aclararse que debido a que se

dispone de un desnivel natural importante, no se requiere de equipo de bombeo para suministrar el riego; tampoco se considera el costo de construcción de la obra de toma.

**Cuadro 13.** Cantidades de obra, lista de materiales y piezas y presupuesto\*

Concepto	Cantidad	Precio unitario (\$)	Importe total (\$)
<b>Excavación y relleno</b>			
1.- Excavación de zanja para tubería (m <sup>3</sup> )	71.8	25.00	1,795.00
2.- Relleno para compactar plantilla (m <sup>3</sup> )	6.8	16.00	108.80
3.- Relleno a volteo de la zanja (m <sup>3</sup> )	62.4	10.50	655.20
4.- Excavación para la obra de toma y registro (m <sup>3</sup> )	10.0	25.00	250.00
5.- Material para construir obra de toma y registros (incluir sistemas de rejillas)			2,450.00
<b>Subtotal</b>			<b>5,259.00</b>
<b>Tubería y accesorios</b>			
1. Tubería de PVC hidráulica 160 mm, C 5	150	74.35	11,152.50
2.- Tubería con compuerta de 160 mm x 0.75 m C. %	72	76.60	5,515.20
3.- Válvula hidrante con cople roscado y tapa vulcanizada de 6" (pieza)	2	266.00	532.00
4.- Hidrante sencillo de 6"x6" (codo de arranque)	2	465.50	931.00
5.- "T" hidrante con elevador de 1 m con adaptador macho de 160mm x 160mm	2	200.00	400.00
6.- "T" de riego para conectar con tubería compuerta con compuerta 160mm x160mm	2	160.00	320.00
7.- Tapones finales para tubería de conducción y con compuertas de 160 mm	3	80.00	240.00
<b>Subtotal</b>			<b>19,090.7</b>
<b>TOTAL</b>			<b>24,350.5</b>
<b>Costo por hectárea (\$/ha)</b>			<b>14,324.00</b>

\* Parcela tipo en Ejido Santa María Pipioltepec, Valle de Bravo, Edo. de México. Superficie 1.7 ha. Gasto disponible 20 lps.

Las fotos siguientes (**Figuras 8 y 9**) muestran el hidrante y la tubería de compuertas de un sistema de riego de baja presión, en la aplicación del riego.



**Figura 8.** Hidrante y tubería con compuertas en la aplicación del riego



**Figura 9.** Sistema de riego de baja presión con tubería de compuertas, en el riego por surcos

De acuerdo a lo anterior, si se decidiera llevar adelante este perfil de proyecto para las 1,790 ha que actualmente se riegan en la cuenca, se requeriría una inversión aproximada de **\$25'639,960.00** aproximadamente.

En resumen, implementar las acciones de los 4 perfiles de proyecto sobresalientes en la cuenca Valle de Bravo, asciende a una inversión aproximada a los **\$205'508,957.00**



## 6 PRIORIZACIÓN DE ACCIONES

Con el propósito de avanzar en la elaboración de programas operativos anuales, se presentan enseguida las acciones agrupadas a realizarse en el corto (1-2 años), mediano (4-6 años) y el largo plazo (adelante de 10 años).

### 6.1 Acciones a corto plazo

Se identifican las siguientes acciones:

- Terminación del colector Las Huijas y descargas domiciliarias (Col. Guadalupe y la Rosa).
- Redes de atarjeas, colectores y plantas de bombeo de Avándaro (44%).
- Conexión de descargas domiciliarias a colectores de aguas residuales. Cabecera Municipal Valle de Bravo.
- Colector E-17 de aguas negras, de 61 cm. de diámetro (*método de microtuneleo*) con descarga en la planta de bombeo No. 5 con aportaciones del Barrio San Antonio y parte de la Cabecera Municipal.
- Construcción de red de atarjeas y colectores en las poblaciones de San Juan, San Bartolo, San Sebastián El Chico, Rincón de Guadalupe y San Miguel Tenextepec del municipio de Amanalco (48%).
- Automatización de 6 plantas de bombeo en la Cabecera Municipal de Valle de Bravo para el desalojo y conducción de las aguas negras hacia la planta de tratamiento.
- Construcción de 7km de redes de atarjeas, colectores y 9 plantas de bombeo de aguas negras en la zona de La Peña.
- Solución al tapón hidráulico Santa María PB2 drenajes de las calles Joaquín Arcadio Pagaza, 5 de Mayo, Santa María y el Salitre.
- Colector E-9 de aguas negras de 30cms de diámetro para captar descargas a arroyo existente en la parte alta de la cabecera municipal.
- Re-equipamiento de 6 plantas de bombeo.
- Solución al drenaje de descargas domiciliarias frente a la PB5 en San Antonio, mediante cárcamo de bombeo y conducción al cárcamo.
- Construcción de módulo adicional para 50 lps. de la planta de tratamiento actual.
- Ampliación de la línea de drenaje en calle del Colibrí, Cabecera Municipal de Valle de Bravo.
- Ampliación de red de drenaje en Velo de Novia, Avándaro, Valle de Bravo
- Construcción de Colector para incorporar aguas residuales a la Planta de Tratamiento de Velo de Novia, en Avándaro, Valle de Bravo.
- Ampliación de línea de drenaje en andadores de la Calle Alfareros, con tubería de 30cm de diámetro, en la Cabecera Municipal de Valle de Bravo.
- Ampliación de línea de drenaje en Calle de Barlovento, con tubería de 30cms de diámetro, Valle de Bravo
- Obras prioritarias de separación de aguas de riego y residuales para conducir a la Planta de Tratamiento de la Cabecera Municipal en la zona del Arco, Valle de Bravo
- Elaboración del proyecto ejecutivo del colectores para el desalojo de las aguas de la Planta del Rastro Municipal de Amanalco.
- Elaboración de proyecto ejecutivo de red de atarjeas y colectores en las poblaciones de San Jerónimo y San Lucas, Municipio de Amanalco

- Elaboración de proyecto integral de alcantarillado y separación de aguas pluviales del drenaje sanitario de la Cabecera Municipal de Valle de Bravo (*Incluye todos los proyectos pequeños de las acciones 24, 25, 26, 31 y 32*)
- Elaboración de proyecto ejecutivo de alcantarillado sanitario para las comunidades del Arco y San Gaspar, Valle de Bravo
- Elaboración de proyecto ejecutivo de alcantarillado sanitario para la colonia Monte alto, de la Cabecera Municipal Valle de Bravo.
- Estudio para la actualización del padrón de descargas domiciliarias de la Cabecera Municipal de Valle de Bravo
- Actualización del proyecto ejecutivo del tercer módulo de la Planta de Tratamiento de aguas residuales de la Cabecera -Municipal de Valle de Bravo y de los módulos existentes.
- Construcción de Cárcamo de bombeo de desvío de aguas crudas antes de la Planta de Tratamiento de la Cabecera Municipal, Valle de bravo
- Acondicionamiento y retiro de material producto del desazolve de las zonas río Tizates y río Amanalco, Valle de Bravo.
- Dragado y limpieza de lirio acuático del Vaso Regulador de la Presa Miguel Alemán.
- Elaboración de proyecto ejecutivo de alcantarillado sanitario en las Colonias Tres puentes, tizates y Valle Bonito. Valle de Bravo
- Elaboración de proyecto ejecutivo de colector para el desalojo de aguas residuales de las Colonias Tres puentes, Tizates y Valle-Bonito, Valle de Bravo.
- Construcción de colector para captar las descargas sanitarias de la Colonia Loma Bonita (Calle la Cantera y Delicias) Valle de Bravo.
- Rehabilitación de colectores existentes en la Cabecera Municipal (En los tramos de la costera y Avenida Toluca, Arroyo las Flores) Valle de Bravo.
- Construcción de Alcantarillado pluvial en la Colonia Sánchez, Valle de Bravo.
- Programa de letrización en las comunidades de San Mateo Sección 1ª Sección, San Mateo 2ª Sección, San Mateo Sección 3ª Sección, Rincón de Guadalupe- Sección La Loma, El Temporal, Ojo de Agua, San Bartolo-Los Polvillos, El Zacatonal, Loma de Rodríguez, Los Álamos, Mesa de San Vicente-Escalerillas, Pinar de Osorio.
- Programa de conservación de suelo y agua para áreas en conflicto de uso con pendientes del 15-30% (624.8 ha) y mayores al 30% (28.67 ha).
- Tecnificación del riego de 790 ha en toda la cuenca.
- Monitoreo de calidad del agua en ríos y embalse (periódico).
- Consolidación red de monitoreo caudales de ríos principales.
- Estudio de situación actual de degradación de los suelos.
- Rehabilitación de manantiales.
- Abastecimiento de agua potable.
- Consolidación de organismo operador.
- Manejo y disposición de residuos sólidos.
- Establecimiento de centros de materiales vegetativos.
- Tecnologías alternativas o ecotecnias.
- Transformación local de la madera.
- Programa para disminución de incendios forestales.
- Estufas ahorradoras de leña.
- Tecnologías uso sostenible de industrias acuícolas
- Fortalecimiento organismo operador de Amanalco.

- Estudio geohidrológico del acuífero.

## 6.2 Acciones a mediano plazo

Se identifican las siguientes acciones:

- Redes de atarjeas, colectores y plantas de bombeo de Avándaro (56%)
- Planta de tratamiento de aguas residuales por medio de un sistema de lodos activados con modalidad de zanjas de oxidación; capacidad de tratamiento de 60 lps. de Avándaro
- Construcción de red de atarjeas y colectores en las poblaciones de San Juan, San Bartolo, San Sebastián El Chico, Rincón de Guadalupe y San Miguel Tenextepec del municipio de Amanalco (52%).
- Construcción de módulo adicional para 50 lps. de la planta de tratamiento actual (30%).
- Programa de letrización en las comunidades de La Laguna, San Mateo Acatitlán, La Boquilla, San Ramón, Cerro Gordo, El Trompillo, Las Agujas, El Castellano, La Palma, La Volanta, Valle Escondido, Casas Viejas, La Candelaria, El Arco, San Lucas 1ª Sección, San Lucas 3ª Sección, Rincón de Guadalupe, San Juan 1ª Sección, San Juan 2ª Sección, Agua Bendita, Hacienda Nueva, El Capulín, Sabana de Tabora, San Francisco Mihualtepec.
- Programa de conservación de suelo y agua para áreas en conflicto de uso con pendientes del 5-15% (5,810.15 ha) y del 0-5% (7,783.87 ha).
- Tecnificación del riego de 1,000 ha en toda la cuenca.
- Implementación de pago por servicios ambientales del bosque.
- Control integral de malezas acuáticas.
- Desarrollos tecnológicos para atacar la eutrofización.
- Recuperación forestal.
- Rehabilitación ecohidrológica de riberas de cauces.
- Reconversión agrícola.
- Huertos familiares de traspatio.
- Planeación participativa con las comunidades para el desarrollo de los recursos naturales.
- Aplicación del Plan de Desarrollo Urbano.
- Educación ambiental para escolares.
- Sensibilización ambiental para pobladores y visitantes.
- Instalación de macro y micromedidores para agua potable.
- Estudio topobatimétrico para monitorear azolvamiento.
- Proyectos agropecuarios incorporando racionalidad ecológica.
- Ordenamiento integral del agua por microcuencas.
- Plantaciones frutícolas.
- Inventario de especies animales y vegetales.
- Monitoreo de erosión con lotes de escurrimiento y microcuencas.
- Impulso a la agricultura orgánica.
- Modelo para gestión integrada de los recursos hídricos.

### 6.3 Acciones a largo plazo

Se identifican las siguientes acciones:

- Reintroducción de especies nativas
- Recuperación forestal de bosques degradados
- Plantaciones forestales comerciales

# ANEXO CARTOGRÁFICO