

# Recursos naturales y desarrollo en Amealco, Querétaro

Genaro Aguilar Sánchez<sup>1</sup>

Cathia Lara Aguazul<sup>2</sup>

## Resumen

La degradación de los recursos naturales y la creciente demanda de los mismos, han impulsado la búsqueda de soluciones a la problemática relacionada con el uso de los recursos naturales como: relieve, geología, suelo, vegetación, clima y el almacenamiento del agua de lluvia, para lograrlo es necesario caracterizar los aspectos ambientales. En el mundo solo disponemos de agua de fácil acceso que representa alrededor del 1% del agua no salada, esto aunado al crecimiento poblacional y económico en México, dan como resultado una mayor presión sobre las reservas de agua al punto que el volumen demandado es mayor que el suministrado en algunas regiones del país, lo que implica problemas distributivos que afectan directamente a varios ejes y actores sociales. El municipio Amealco de Bonfil, ubicado al sur del estado de Querétaro, cuenta con características ambientales favorables para el sector económico primario, especialmente para la agricultura de temporal y más específicamente el cultivo del maíz que además de ser producto básico de la riqueza gastronómica forma parte de la cultura hñahñu que ahí se asienta.

Las características sociales, culturales y económicas de la región se proveen de los recursos naturales ahí presentes: el agua, el suelo, la vegetación y demás características. El mismo sistema presenta problemáticas socio-ambientales y conflictos en la región resaltando la pertinencia y necesidad de generar herramientas de gestión para el desarrollo local. Al realizar aprovechamiento de recursos presentes para cubrir necesidades humanas, se impacta sobre el ambiente, tal es el caso del agua subterránea de Amealco. Las localidades como “El Bothé” y “Mesillas” se encuentran situadas dentro del Valle de Amealco, al sureste del municipio, en áreas funcionales altas donde se lleva a cabo captación de agua pluvial. Es por esto que la zona es considerada como zona de recarga de mantos acuíferos y propia de caracterizarse de manera integral implementando un método que evalúe de manera cuantitativa y cualitativa, retomando el valor agregado que los últimos puedan sumar a un método científico establecido y tomar la mejor alternativa de gestión.

El objetivo es la caracterización ambiental y social de los recursos naturales y el uso de bordos de almacenamiento de agua en las comunidades agrícolas pertenecientes al municipio de Amealco de Bonfil, estado de Querétaro, México. Se encontró que el agua almacenada en bordos es de gran utilidad para la producción agrícola de cultivos básicos, e incluso se usa para dar riego en invernaderos que producen jitomate, que se comercializa en la región.

**Conceptos clave:** Recursos naturales, Almacenamiento del agua, Desarrollo

---

<sup>1</sup> Dr. Profesor-Investigador de la Universidad Autónoma Chapingo. g\_aguila@correo.chapingo.mx

<sup>2</sup> Pas. MC. MCDRR-Universidad Autónoma Chapingo

## **Introducción**

La degradación de los recursos naturales y la creciente demanda de los mismos, han impulsado la búsqueda de soluciones a la problemática relacionada con el uso de la topografía, suelo, geología, vegetación, hidrología y el almacenamiento del agua de lluvia, para lograrlo es necesario caracterizar los aspectos ambientales. En el mundo solo disponemos de agua de fácil acceso que representa alrededor del 1% del agua no salada, esto aunado al crecimiento poblacional y económico en México, dan como resultado una mayor presión sobre las reservas de agua al punto que el volumen demandado es mayor que el suministrado en algunas regiones del país, lo que implica problemas distributivos que afectan directamente a varios ejes y actores sociales.

El municipio Amealco de Bonfil, ubicado al sur del estado de Querétaro, cuenta con características ambientales favorables para el sector económico primario, para la agricultura de temporal y más específicamente el cultivo del maíz que además de ser producto básico de la riqueza gastronómica forma parte de la cultura hñahñu que ahí se asienta. Las características sociales, culturales y económicas de la región se proveen de los recursos naturales ahí presentes: el agua, el suelo, la vegetación y demás características. El mismo sistema presenta problemáticas socio-ambientales y conflictos en la región resaltando la pertinencia y necesidad de generar herramientas de gestión para el desarrollo local. Al realizar aprovechamiento de recursos presentes para cubrir necesidades humanas, se impacta sobre el ambiente, tal es el caso del agua subterránea de Amealco.

Las localidades como “El Bothé” y “Mesillas” se encuentran situadas dentro del Valle de Amealco, al sureste del municipio, en áreas funcionales altas donde se lleva a cabo captación de agua pluvial. Es por esto que la zona es considerada como zona de recarga de mantos acuíferos y propia de caracterizarse de manera integral implementando un método que evalúe de manera cuantitativa y cualitativa, retomando el valor agregado que puedan incorporar a un método científico establecido y tomar la mejor alternativa de gestión. El objetivo es la caracterización ambiental y social de los recursos naturales y el uso del agua captada en los bordos en las comunidades agrícolas pertenecientes al municipio de Amealco de Bonfil, estado de Querétaro, México.

## **Área de estudio**

El municipio de Amealco, situado al sur del estado de Querétaro, forma parte de la región denominada Sierra Queretana con un promedio de elevación de 2620 msnm. El municipio se localiza entre las coordenadas 20° 00' a 21° 15' de latitud Norte y los 100° 00' a 100° 15' longitud Oeste, colindando con los municipios de San Juan del Río y Huimilpan y al sur con Guanajuato, Michoacán y el Estado de México (INEGI, 2006). El nombre Amealco significa “lugar de manantiales” o “lugar donde el agua brota de las rocas” (del náhuatl Ameyalco o Ameyalli). En 1985, por acuerdo del Congreso del Estado, el municipio agregó el nombre de Bonfil en honor a Alfredo Vladimir Bonfil, líder campesino nacional y Secretario General de la Confederación Nacional Campesina. De la superficie municipal el 70% es destinada a la agricultura, el 18% son pastizales, 10% bosques y el resto son cuerpos de agua, lo cual nos indica la relación directa de la importancia del abastecimiento de agua para la agricultura, la

importancia también de mantener la recarga de estos cuerpos con la conservación de sus bosques.

Según datos del Censo de Población y Vivienda 2010, el municipio cuenta con 62,197 habitantes, con una relación de 29,842 hombres y 32,355 mujeres. El grupo de edad mayoritario es el que comprende a los niños hasta los 14 años de edad (que representa el 36% de la población), los adultos de 25 a 59 años son el 34.7%, los jóvenes de 15 a 24 años representan el 20.1% y, el grupo de adultos mayores, de 65 años o más son el 8.7% los mismos habitantes manifiestan que la migración de jóvenes era más notoria hace un par de décadas. Las proyecciones de CONAPO apuntan a que actualmente Amealco mantiene un crecimiento a razón del 1.25% anual (CONAPO, 2014).

Datos oficiales identifican 159 localidades en el municipio. Sólo dos de ellas se consideran urbanas (Amealco y San Ildefonso) y concentran a 10,902 habitantes frente a 51,295 que habitan en localidades rurales.

La población indígena total en el municipio es de 23,556 personas, que representa el 42% de la población indígena en el Estado (PNUD, 2019); y se encuentra distribuida en localidades fundamentalmente rurales, en zonas clasificadas de alta y muy alta marginación.

Figura 1 Mapa de ubicación Amealco de Bonfil, Querétaro



Fuente: Elaboración propia a partir del Mapa Digital de México. Versión 6.1. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática Características socio-económicas

De acuerdo a datos de 2010, Amealco de Bonfil tiene, un total de 15,426 habitantes que hablaban alguna lengua indígena (27%), predominantemente el Otomí o lengua hñãñhu. Amealco se sitúa como el municipio con mayor presencia indígena del estado con 94 localidades, (INEGI, 2010).

Por la concentración de hablantes Otomí, destacan las comunidades de Santiago Mexquititlán, San Miguel Tlaxcaltepec y San Ildefonso. Sin embargo, el Otomí está siendo desplazado por el español, de tal modo que el monolingüismo casi ha desaparecido, manteniéndose solamente en las mujeres de mayor edad. Según el estudio de Soustelle (1993), existen tres variantes del hñãñhu: el de San Ildefonso Tultepec, el de Santiago Mexquititlán y el de las comunidades del Sureste de esta región.

La población económicamente activa (PEA) de Amealco en 2010 era de 20,647 personas, de las cuales 6.8% se encontraba desocupada y el 93.2% se encontraba ocupada al momento de la entrevista. La población joven es la que mayor porcentaje de desocupación presenta debido a que la economía no es capaz de generar el mismo número de fuentes de empleo que las requeridas por la población que se incorpora al mundo laboral.

Los sectores preponderantes de la economía en Amealco son el sector primario y el secundario, ambos concentran alrededor del 66% de la PEA, mientras que los servicios y el comercio concentran el 34%. Es importante señalar que dentro del sector secundario se encuentran las siguientes actividades: minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción, (INEGI, 2010). En Amealco, el sector manufacturero concentra más de la mitad de las actividades secundarias, básicamente, en actividades relacionadas con la construcción y extracción de minerales, en particular de sillar.

El principal sector económico del municipio es el primario, especialmente la agricultura de temporal. La agricultura de temporal prevalece sobre la de riego, datos de 2013 muestran que la agricultura de temporal fue 62% y la de riego 38% de la superficie agrícola. En 2011, la producción de maíz representó el 90% del valor total de la producción agrícola municipal.

Para 2015 la Dirección de Desarrollo Agropecuario de Amealco reporta la siembra de 860 ha de avena, 196 ha de frijol, 17 ha de alfalfa, 38 ha de manzana, 4 ha de durazno, 4.7 ha de pera, 4.8 has. de chabacano y 4.8 has de ciruela; y estima que la superficie de agricultura protegida del municipio, es de 25 hectáreas de invernaderos que van de 400 a 2,000 metros cuadrados.

En lo referente a la actividad pecuaria el municipio ocupa el quinto lugar en producción de carne (casi el 7% de la producción total estatal). En 2013 se produjeron 680 toneladas de carne en canal de bovino y 18,337 toneladas de aves.

Con los datos anteriores se tiene un panorama general que coincide con la categoría alto grado de marginación que reporta INEGI en su encuesta de 2010 para el municipio de Amealco de Bonfil, esto significa que en base a un conjunto de variables (o indicadores) como la población total, escolaridad, vivienda, ingresos y servicios públicos en la localidad, se re-elabora una interpretación más sencilla del fenómeno, comparando los valores de los índices de marginación arrojados en el año 2005 y en el 2010, l fueron 0.54966 y 0.56300 respectivamente. Con la misma teoría y razonamiento matemático de índices se determina el porcentaje de población en situación de pobreza extrema con un 25.41% que representa a 18,508 personas del municipio.

## **Metodología**

Por la naturaleza de la investigación, es pertinente retomar una metodología multicriterio, (Munda, 2004), que permita evaluar de manera integral las características de los bordos de agua y resaltar la importancia del uso de ese recurso, tomando en cuenta que es un bien escaso y que se pretende mantener un equilibrio ecológico. La metodología empleada es la descriptiva a través de encuestas, observaciones y recolección de información de gabinete. Se retoma esta metodología para evaluar los usos de los bordos, y se espera determinar cuál es el uso más eficiente económicamente, ecológicamente y socialmente apropiado.

Para esta investigación se revisó los datos correspondientes al clima, relieve, geología, hidrología, uso y tipo de suelo para realizar varias composiciones (deforestación, coeficiente de escurrimiento, erosión actual) que permiten determinar el diagnóstico integral y en base a ello determinar un valor de impacto de uso de los bordos. En cuanto a la caracterización de la zona, el uso de imágenes satelitales es válido para los fines de la investigación, ya que los trabajos de (Ancira-Sánchez, 2015) y (Valdez-Lazalde, et al., 2011) en “Utilización de imágenes de satélite en el manejo forestal del noreste de México” y “Análisis de los Cambios en el Uso del Suelo en la Cuenca del Río Metztlán (México) “Usando Imágenes de Satélite: 1985-2007” el uso de los recursos digitales facilita el trabajo de campo sin bajar la calidad de los resultados, como lo menciona el primer autor, es muy viable como alternativa metodológica para la generación de información usada en la planificación basada en el empleo de imágenes de satélite de alta resolución, las cuales fueron validadas utilizando los materiales tradicionales (fotografías aéreas) que sirvieron para describir la distribución de los recursos del área y para hacer una comparación en cuanto a la calidad de la información obtenida de estos dos materiales. En esta investigación se retoma la metodología anterior para obtener primeramente un mapa con bordos digitalizados de las comunidades de estudio como parte del inventario y parte de la determinación de un tamaño de muestra para levantar información sobre el uso de los bordos, y posteriormente para determinar el radio superior para el cálculo de capacidades.

Con motivo de tener un trabajo más definido se toma en cuenta la historia de los bordos, en cuanto a cambios de uso de suelo que permitieron el uso agrícola y posteriormente a raíz de la implementación del PROCEDE el cambio de uso de suelo que permite el abandono de actividades agropecuarias y con ello el desuso de los bordos.

En la elaboración del material de apoyo como son las entrevistas, se redactan interrogantes para cumplir objetivos específicos de la información para caracterizar a los usuarios. Para ello se elaboró un cuadro de objetivos generales y específicos, posteriormente a bordo de un vehículo y con mapa en mano se recorre la zona para identificar el contexto general del paisaje, se identifica la zona y se contacta con informantes claves para la aplicación de un cuestionario in situ.

## **Planeación, desarrollo y territorio**

La planeación ambiental emergió “como un área funcional dentro del campo más amplio de la planeación, y como una actividad desarrollada por individuos y organizaciones relacionados con problemas surgidos de la interface sociedad-naturaleza, con el fin de crear cursos de acción para resolverlos” (Briassoulis, 1989). La planeación debe ser integral

considerando la mayor cantidad de aspectos que toman relevancia en torno al sistema natural. Dentro de la planeación se consideran todos los aspectos naturales y socioculturales en torno al ambiente de los bordos de agua en Amealco de Bonfil. La planeación sigue un lineamiento de componentes, los cuales parten de un diagnóstico, mismo que determina los datos de un uso adecuado o inadecuado de las actividades relacionadas con el objeto de estudio. La planeación sigue un lineamiento de componentes, los cuales parten de un diagnóstico, mismo que determina los datos de un uso adecuado o inadecuado de las actividades relacionadas con el objeto de estudio (Aguilar Sánchez, 2003)

Ambiente es el conjunto de factores no pertenecientes al sistema bajo consideración que interactúan con elementos de dicho sistema o con el sistema en su totalidad (PNUD, 1980). También se conoce como recurso natural a cada bien y servicio que surge de la naturaleza de manera directa. Estos recursos resultan de vital importancia para el desarrollo del ser humano, ya que brindan la posibilidad de obtener alimentos, producir energía y de subsistir a nivel general. La gestión de recursos naturales se refiere a las relaciones de propiedad, derechos y deberes en torno al acceso y su uso. En esta investigación el uso de los bordos de agua presentes en la región de Amealco representa el recurso natural base para las diversas actividades de la población. Para lograr la gestión y uso integral del agua, se necesita de “un proceso que promueva el manejo y aprovechamiento coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales” (Dourojeanni, 1999).

En el campo que compete a la definición de desarrollo existe mucha variabilidad. Sin embargo, existe una clara luz para evitar retomar un discurso político, ya que la investigación gira en torno a la definición de desarrollo que involucra el aprovechamiento de los recursos naturales para satisfacer necesidades propias y futuras de la población.

Para una rápida revisión del contexto se retoma como punto de partida, a nivel mundial, la crisis de 1982 y los cambios drásticos de paradigma que dan pie al mismo Estado de utilizar la regionalización para el desarrollo en función de 3 elementos, económico, ecológico y de equidad, definiéndolo como un “Desarrollo Sustentable”, que implica el aspecto económico, además de valores sociales y valores ambientales, inicia una deuda ecológica como consecuencia de la exportación de productos. Ante la situación, las posturas tomadas para alcanzar el desarrollo dieron un “gran papel a la industrialización y la apropiación de los recursos naturales” refiere (Gudynas, 2011).

Sin embargo, se fue ampliando la controversia y desarrollo de conceptos implícitos en el desarrollo y surge el enfoque del desarrollo territorial rural, que tiene como fin reducir la pobreza mediante un proceso de transformación productiva e institucional de un espacio rural determinado. Actualmente este enfoque se promociona y se lleva a cabo en México. Este modelo es promocionado por las organizaciones internacionales como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, ONUAA, o más conocida como FAO, BID (Banco Interamericano de Desarrollo), Banco Mundial, FIDA (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola), IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura) y gran parte de los gobiernos nacionales, con bases en la regionalización por criterios específicos y el aprovechamiento de los recursos elaboran propuestas de políticas públicas.

Para comprender la importancia del territorio como una construcción social retomo el escrito de (Mancano, 2012), donde indica que en algunos trabajos se menciona el carácter social, pero no aportan elementos para un estudio más integral, ya que no incorpora a los constructores de espacios sociales y esto es sumamente importante ya que son los transformadores de espacios en territorios, donde se puede impulsar el desarrollo

En los últimos años de 1990 a la fecha el término de territorio, tiene un significado diferente al del aspecto físico. Es retomado y tratado por diferentes estudiosos de disciplinas sociales como: la sociología, economía, antropología, política. Por la geografía rural-regional, es tratado para hacer propuestas de ordenamiento territorial u ordenación del territorio. Aunque también el concepto de territorio es usado en la ecología, en relación al hábitat de las especies animales. Incluso existen propuestas de ordenamiento ecológico-territorial, tratando de involucrar los aspectos físicos, económicos y sociales

Desde el aspecto cultural y social, algunos investigadores realizan trabajos en comunidades originarias ( (Hernández, 2013). Realizo su estudio en el municipio de Zinacantàn, Chiapas, donde resalta la importancia de que, en una sociedad, las diversas nociones del tiempo dan pauta al encuentro y desencuentro de las historias que construyen los actores sociales.

Cada historia puede comprenderse si se disecciona cuidadosamente la relación que establecen los distintos componentes que integran las estructuras sociales creadas por la acción de los actores y que cobran vida en un territorio. La cultura y la política están presentes en el espacio y le dan vigor y dinámica al desenvolvimiento de las relaciones sociales en las que están inmersos los actores sociales.

En las propuestas de ordenamiento territorial, se toma al territorio como el espacio natural o físico sobre el que se harán propuestas de planeación, involucrando los aspectos de: economía, social, cultural, y ambientales. Al respecto está el caso del estado de Tlaxcala, donde (Aguilar, 2012), trabajan los municipios de: Calpulalpan, Españita, Hueyotlipan, Nanacamilpa, Sanctórum, Donde se usan indicadores del medio físico, económico y social, 1970-2005

En la anterior región, el crecimiento de la población ha sido muy dinámico y por lo mismo el grado de ocupación del espacio social se ha incrementado. Los diferentes sectores productivos tienen un avance diferencial, mientras la actividad primaria pierde importancia, la actividad de los sectores secundario y terciario, no logran consolidarse. Se tiene el plan de convertir al municipio de Calpulalpan, en un parque industrial, que funcione como polo de desarrollo de la región, aspecto que es difícil por su relativa cercanía al polo industrial de Puebla, por otro lado ambos espacios están subordinados a al polo central que forman el DF, y la parte oriente del estado de México.

Así tenemos que el territorio lo podemos concebir como un espacio donde se pueden realizar actividades de índole físico, productivo, económico, de actividades sociales y culturales, impulsadas por los actores sociales de cada comunidad, municipio, estado o nación.

## Resultados

Las comunidades de “EL Bothe” y “Mesillas”, se ubican en el municipio de Amealco de Bonfil. Donde el relieve, de acuerdo a lo observado, contiene a los bordos, y tiene una serie de lomeríos, generando que la topografía irregular del sitio permita la formación de obras de captación pluvial. Además, el material predominante es la toba de Amealco, que actualmente posee un uso comercial. La extracción mineral, desde hace aproximadamente 25 años se lleva a cabo en toda la región, debido a las características geológicas el material presente, mejor conocida como el sillar de Amealco, extraído en bloques para uso en la construcción y decoración

El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano y precipitaciones en el mes más seco por debajo de los 40mm, concentrándose la lluvia en los meses de mayo a octubre y presencia de heladas en los meses de octubre a febrero. Esta característica de clima y precipitación permite la captación de lluvia durante todo el año, variable en capacidad, pero cumpliendo el postulado de Horton referente a la capacidad de infiltración, el cual indica que la curva de capacidad de infiltración del suelo se vuelve constante siempre y cuando haya agua en la superficie que satisface la capacidad de absorción que tiene el suelo en su grado máximo o potencial, permitiendo a los bordos almacenar agua sin necesidad de una geomembrana.

Los dos tipos de suelos presentes phaeozem y luvisol son ricos en materia orgánica y por ende su capacidad de producción es buena, combinando el suelo y el uso de los bordos. En la región se usa esta característica para impulsar la siembra de maíz criollo y algunos forrajes. Sin embargo, también se encuentra la extracción minera que relatan los vecinos de Amealco va en aumento considerable, (SEDESU, 2013).

El uso de suelo se reparte en agricultura, pastizal y bosque como se menciona en un apartado anterior de revisión, los productos agrícolas son principalmente maíz y frijol, el pastizal está compuesto de forrajes como zacates, zacatón y navajilla, por último, el bosque contiene pinos, encinos y ocotes. El Programa de Ordenamiento Ecológico Local de Amealco, declara la región de San Ildefonso como Zona Protectora Forestal, decretada el 4 de noviembre de 1941. Es un área comprendida dentro de las cuencas hidrográficas de los ríos San Ildefonso, Ñado, Aculco y Arroyo Zarco, que representa una zona de recarga de los mantos acuíferos y protección del suelo, así como la prevención del asolvamiento de las obras de captación aguas abajo (León, 2004). Los terrenos forestales de la zona de San Ildefonso, fueron declarados zona amenazada por la tala clandestina, así como por la tala controlada que autorizan dependencias federales

De acuerdo a las entrevistas realizados con productores clave, en las comunidades de “EL Bothe” y “Mesillas” podemos afirmar que los bordos son una técnica común entre los pobladores de la zona, destinados para diversos usos (figura 2) como son la agricultura de maíz de temporal principalmente, también avena y otros forrajes para el ganado pero en menor cantidad; la cría de peces carpas y otros; para abrevadero de ganado bovino, ovino y caprino; además se comienzan a implementar invernaderos en la zona haciendo uso de los bordos para el riego de estos.



Figura 2. Bordo que subministra agua al invernadero



Estos cuerpos de almacenamiento son variados en forma, tamaño y composición, es por ellos que los bordos sin geo membrana tienen la capacidad de realizar la recarga de mantos acuíferos de manera natural. En época de lluvias (mayo a septiembre) los bordos adquieren la mayor capacidad de agua, el uso de ellos se hace fundamental en época de heladas (diciembre-enero) para realizar riegos y así evitar la pérdida de cultivos, también almacenan agua para hacer frente en época de secas (marzo - mayo) y proveer a la población local. En general se tiene el problema de azolve de los bordos y algunas fugas por los boquetes de arena. El tipo de tenencia es privado y ejidal, los primeros indican que el problema más reciente es la falta de apoyo gubernamental por no estar adscritos al registro de bordos de CONAGUA.

En la región existe la administración de bordos por medio de un Consejo ubicado en la localidad “El Capulín”, sin embargo, no tienen la capacidad de otorgar una ampliación de registros a propietarios privados, estos registros facilitan la adquisición de ayuda gubernamental a través de programas de apoyo para desazolvar o colocar geo membrana en caso de fugas como lo muestra la figura 3.

Con este panorama se puede inferir que la gran importancia regional del uso de bordos reside en el uso de agua para actividades en cada época del año y de manera local, el uso múltiple de los bordos complementa la actividad primaria de subsistencia. También se identifica un modo de vida en base al trabajo campesino, sin embargo, en sus colindancias con el Estado de México, desde la localidad de San Ildefonso se identificó la extracción minera como actividad económica importante que va tomando auge en la parte sureste del municipio.

Las localidades con presencia de población nativa hñahñu son San Ildefonso y Santiago Metztitlan, dedicadas principalmente a actividades como la alfarería, cultivo del maíz, elaboración de artesanías y bordados, además de la extracción de materiales como sillar y cantera.

Las comunidades “ EL Bothe” y “Mesillas” tienen un potencial para la protección de sus suelos debido a los coeficientes de erosión presentes, pero el cambio de uso de suelo indica que la zona adopta el uso

agrícola e incluso las entrevistas señalan que el cambio de régimen de tenencia da pie a parcelar, vender y construir en zonas agrícolas con todo y bordos.

Figura 3. Colocación de geomembrana en el bordo de agua



### **Características de los bordos**

Para determinar volúmenes de los bordos de agua, se revisó la literatura, entre ellos (Alvarez Salinas, 2004) en el “Inventario físico de los recursos minerales del municipio Amealco de Bonfil, Querétaro” donde se reporta que a los 2 metros de profundidad se encuentra una capa de arena como podemos observar en la figura 4, descrita como toba de distintas dimensiones y colores, lo que aumenta la infiltración del agua, con trabajo en campo en una muestra de seis bordos, se determinó que los bordos no tienen una profundidad mayor a 1.5 m.

Figura 4. Perfil de excavación minera, se observan las capas debajo del manto superior



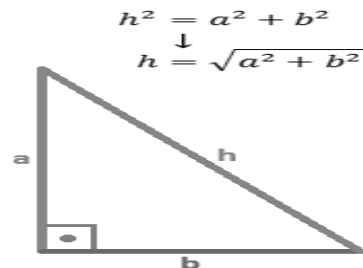
Mediante imágenes satelitales se realizó la medición de un radio menor y el radio mayor, el menor se consideró con una fotografía de época de secas y el radio mayor por la marca que deja el agua del nivel que llega a alcanzar ambas en el 2018.

Figura 5. Delimitación del radio mayor sobre imagen satelital



Para el cálculo de la capacidad además de los polígonos (figura 5) y una profundidad media de 1.5 metros se usó la fórmula de volumen de un cono truncado y el Teorema de Pitágoras

$$V = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h (R^2 + r^2 + R \cdot r)$$



V=Volumen

h= altura

R = radio mayor

r= radio menor

Al aplicar la formula con los siguientes datos

a= 1.5

R= 63

h= 63.01785461

r= 60

Nos arroja un volumen estimado de  $V=748,944.8313 \text{ m}^3$  o 748,944,831.3 litros

Realizando otro calculo con medidas del bordo más pequeñas. Con profundidad media de 1.0 metro

a= 1

R= 15

h= 15.0332964

r= 20

V= 14,562.11882 $\text{m}^3$  o 14,562,118.82litros

Sí, un productor de jitomate de invernadero requiere 8000 litros de agua al día, el bordo tendría la capacidad de regarlo durante todo el año, pero la capacidad máxima solo se da en el periodo de lluvias y generalmente usan el agua de los bordos para regar el maíz, algún forraje (avena) y para abrevadero de vacas, caballos y borregos. También se debe considerar que en la mayoría existe la práctica de la piscicultura. Por todo lo anterior el gasto del agua es dividido en las diferentes actividades de los productores.

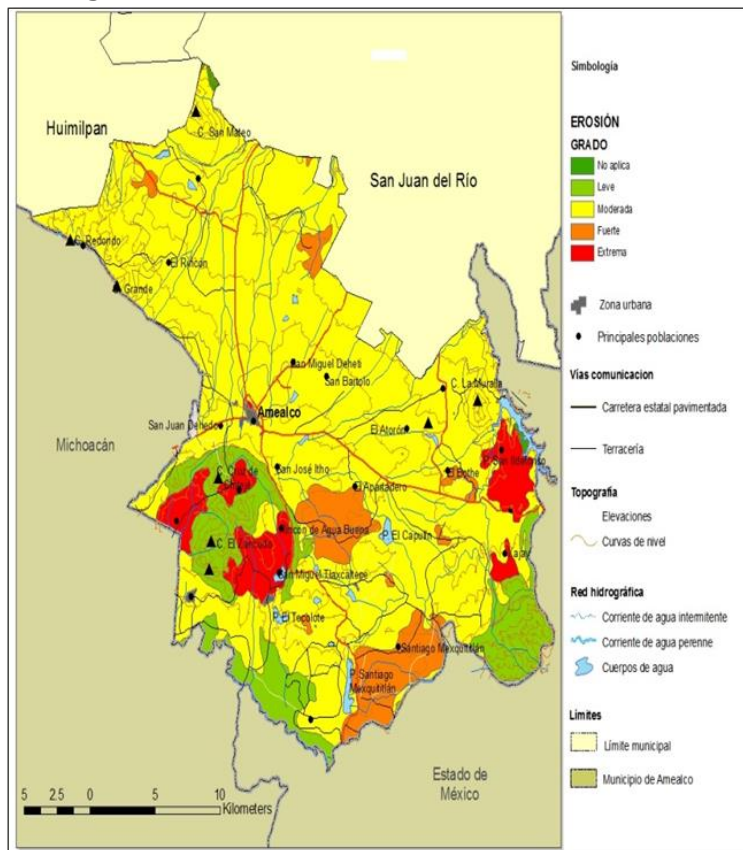
Cuadro 1 Consumo de agua por día, en litros, de animales domésticos

Especie	Consumo en L/día
Vacas adultas	57
Cerdos	6.8
Ovinos	6.6
Cabras	4.2
Conejos	0.50
Gallinas	1.6
Pavos	6

Fuente: Versión sintetizada de Anaya, 1980.

Los datos de la tabla muestran valores aproximados de consumo de agua de animales domésticos, sumados al gasto de agua en riegos complementarios para el jitomate y ocasionalmente para el cultivo de maíz, ya que es de temporal, dan un promedio de gasto de 9000 litros por día, (Anaya G, 1980) el cual se cubre bien con el agua almacenada; sin embargo también se corre el riesgo de contaminación de algún virus dentro de los invernaderos por el uso de agua almacenada al aire libre; por ello el uso es limitado a situaciones de gran necesidad. Debido al relieve abrupto del área de estudio y la precipitación que fluctúa de 700 a 800 mm anuales, existen problemas de erosión media.

Figura 6. Grado de erosión en Amealco de Bonfil



Fuente: Cuaderno estadístico de Amealco de Bonfil 2006

El mapa (figura 6) indica el grado de erosión del municipio en general, esto nos muestra un grado moderado en la zona de estudio y esto concuerda con la pérdida de cubierta vegetal que indican las encuestas a productores de la zona. Sin embargo, también podemos referir que aún es moderada por la intervención de los guardabosques.

## **Análisis**

La problemática del agua existe en la mayoría de las comunidades rurales del Municipio de Amealco. Desde el asentamiento del grupo originario ñañañhu, la necesidad vital del agua los motivó a desarrollar sus comunidades cerca de los manantiales presentes en la región. El uso del agua en una primera instancia cubría las necesidades domésticas, sin embargo, la demanda del líquido crece a medida que aumentan las actividades agropecuarias, es entonces cuando comienzan a capturar el agua de lluvia en pequeñas obras de elaboración propia, esto fue cambiando a medida que el país se adecua a políticas de desarrollo de la época y el gobierno a través de sus instancias de desarrollo promueven el apoyo de construcciones más grandes con el uso de maquinaria. Dentro de las comunidades analizadas “ EL Bothe” y “Mesillas” , los usuarios refieren que hace aproximadamente 40 años se inició con la construcción de estas obras con uso de maquinaria especial, hicieron uso de la unidad entre comunidad para ayudarse económicamente para iniciar con la construcción de los primeros bordos, el relieve de lomeríos y ubicados en un sitio intermedio entre la parte montañosa y la planicie, favoreció la construcción de bordos, ya que los mismo usuarios detectaban el lugar, donde era preciso realizar la construcción del bordo, para aprovechar los escurrimientos y capturar el agua . Una vez concluida la intervención de las maquinas en la construcción de los bordos, el régimen de precipitación de 800 a 1000 mm anuales, permitió que se tuviera agua suficiente para el uso doméstico y posteriormente para la producción. El principal problema que aqueja a los usuarios es el mantenimiento de las obras, ya que al cumplir su ciclo de uso es necesario desazolvar, para estas obras es necesario el uso de maquinaria y el acceso a ella es limitado a usuarios registrados ante CONAGUA. De aquí se derivan más interrogantes acerca del uso de los recursos naturales, en específico del agua, aunque la legislación mexicana defiende el derecho al acceso del vital líquido ya que la existencia de los recursos le pertenece a la nación, recientemente se reestructuran políticas de uso que abren posibilidades de lucrar con el agua. En el municipio de Amealco la existencia de obras de almacenamiento de agua es de alta importancia ambiental como contribuyente a la recarga hídrica y como aporte de agua a las zonas aledañas que presentan alto consumo .

## **Conclusiones**

Actualmente se puede observar el uso multifuncional de su territorio, por parte de los productores, a través de los bordos de agua, permite a los usuarios tener ingresos de actividades variadas pero complementarias. El uso pecuario es el que más demandaba agua, sin embargo, la producción agrícola de invernadero, implementada recientemente (con apoyos gubernamentales de desarrollo) demanda más cantidad y calidad del agua, aun así, los productores indican un beneficio considerable para producir jitomate principalmente. Por otro lado, en la región se observan áreas de bosque que contribuyen a la recarga natural

del líquido, las acciones que llevan a cabo algunos pobladores de la región denotan trabajo sobre la conservación de sus recursos.

Es preciso indicar también que en los aspectos culturales destaca la siembra de maíz criollo, que satisface las necesidades alimenticias, rituales y de identidad de la población. La conservación de actividades agrícolas y pecuarias responde a las necesidades básicas y económicas de los usuarios. Los productores incorporan innovaciones tecnológicas como el maíz híbrido, combinado con maíz criollo y el uso de fertilización orgánica y química, las que usan para cubrir necesidades económicas propias de una población en crecimiento. De aquí la gran importancia del uso del agua en bordos. Además, representar el beneficio económico en el área de estudio, así como beneficios implícitos de belleza paisajística. Por lo que se puede confirmar que la existencia de los bordos de agua en la región de Amealco de Bonfil responde a las necesidades sociales y ambientales de las comunidades presentes

La combinación del uso de los recursos naturales como el relieve de lomeríos, la buena precipitación de 800 a 1000 mm anuales, la presencia de vegetación arbórea en las montañas y la existencia de suelos buena fertilidad, favorecen que el agua que se captura en los bordos contribuya a la producción agrícola y ganadera de las comunidades de El Bothe y Mesillas. Los recursos naturales son importantes para que las comunidades planeen su crecimiento y posterior desarrollo de su territorio.

## Referencias

- Aguilar Sánchez, G.**, (2003) Planeación del uso de los recursos naturales (Un enfoque regional). México (Estado de México): Universidad Autónoma Chapingo.
- Aguilar, S.&Reza S**, (2012) Ordenamiento territorial de la región Calpulalapan, Taxacala, México. En: R. Granados R.& Teresa, ed. Centro-Occidente de México: Variación climática e impactos en la producción Agrícola. México, DF: UNAM-IdeG, pp. 155-175.
- Alvarez Salinas, E. y. .. A. A.**, (2004) Inventario de los recursos mineros en el Municipio de Amealco de Bonfil, Queretaro.. Primera ed. Qro.Qro.: FIFM.
- Anaya G, M.**, (1980) Agua de Lluvia para Uso Doméstico en América Latina y el Caribe. Primera ed. México.: Agencia de Cooperación IICA.
- Ancira-Sánchez, L. & T. G. E. J.**, (2015) Utilización de imágenes de satélite en el manejo forestal del noreste de México. Madera y bosques, 21(1), pp. 77-91.
- Briassoulis, H.**, (1989) Theoretical Orientations in Environmental Planning: An Inquiry into Alternative Approaches. Environmental Management, 13 (4), pp. 381-392.
- CONAPO**, (2014) La situación demográfica en México. Primera ed. México: SEGOB.
- Dourojeanni, A.**, (1999) Desafíos para la gestión Integrada de los Recursos Hídricos. Santiago de Chile: CEPAL.

**Gudynas, E.**, (2011) Ambiente, sustentabilidad y desarrollo: una revisión de los encuentros y desencuentros. Contornos educativos de la Sustentabilidad. México.: Editorial Universitaria, Universidad de Guadalajara.

**Hernández, L. L.**, (2013) Territorio y Apropiación del Espacio Social en las Tierras Indias de Chiapas: rupturas y continuidades en los procesos de cambio social. Ciudad de México: Editorial Plaza y Valdez.

**INEGI** (2006) Cuaderno Estadístico Municipal de Amealco de Bonfil, Querétaro Arteaga. Aguascalientes, Ags.: SPP.

**INEGI** (2010) Censo de Población y Vivienda resultados definitivos, México. Aguascalientes, Ags: SPP.

**INEGI** (s.f.) <http://www.inegi.org.mx>. [En línea].

**León, C. e. a.**, (2004) "El ordenamiento ecológico como un instrumento de política pública para impulsar el desarrollo sustentable: caso en el noroeste de México. Qro.: Semarnat, CETYS-Universidad A.Qro.

**Mancano, F.**, (2012) Disputas territoriales entre el campesinado y la industria. Cuadernos de CENDES, pp. 1-26.

**Munda, G.**, (2004) Social multi-criteria evaluation (SMCE): methodological foundations and operational consequences. Segunda ed. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.

**MUNDA, G.**, (2004) Social multi-criteria evaluation (SMCE): methodological foundations and operational consequences. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.

**Municipio de Amealco de Bonfil**, (2015) Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio Amealco de Bonfil, Querétaro., Querétaro: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en el Estado de Querétaro.

**PNUD** (2019) Informe de desarrollo humano municipal 2010-2015. Primera ed. México: PNUD.

**SEDESU**, (2013) Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Amealco de Bonfil, Querétaro. Ags.: Sedesu.

**Valdez-Lazalde, J., Aguirre-Salado, C. & Ángeles-Pérez, G.**, (2011) Análisis de los cambios en el uso del suelo en la cuenca del río metztitlán (México) usando imágenes de satélite: 1985-2007. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, pp. 313-322.