

La cuenca baja del río Tamazula, Sin., gestión integrada de sus recursos hidroagrícolas y forestales

SÁNCHEZ-VÉLEZ, Alejandro S., HINOJOSA-GUZMÁN, Marco Daniel y GARCÍA-NÚÑEZ, Rosa María

A. Sánchez, M. Hinojosa y R. García

División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo, Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México - Texcoco Km. 38.5, 56230 Texcoco de Mora, Méx.

cienfuegos9@hotmail.com

F. Pérez, E. Figueroa, R. García, L. Godínez (eds.) Ciencias de la Biología, Agronomía y Economía. Handbook T-I.- ©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

Abstract

This work was done in the high basin of the river Tamazula. Contamination of the basin is emerging at the top, however it moves by the runway toward the agricultural valley, the abuse becomes evident in the use of pesticides by some producers in the 010 irrigation district. Water reaches modules from irrigation without any type of pollutant, while these, at the end of each irrigation applied to crops, is sent to the drains as return waters. They carry a large amount of agricultural chemicals which, consequently, pollute nearby water bodies, groundwater and that also generated problems in the coastlines of the State, as well as losses to the coastal shrimp farming. So the diagnosis and the relationship between hydrological environmental services and productive areas of the agricultural valley through the characterization of the basin was done.

1 Introducción

Ante la problemática ambiental que prevalece en el mundo existe una gran preocupación por parte de organismos internacionales como; FAO, UNESCO o la OCEDE por alcanzar una gestión integrada de los recursos naturales, específicamente de los recursos hídricos, principalmente de aquellas cuencas que abastecen a importantes y productivos valles agrícolas. Es importante garantizar el abasto, en cantidad y calidad, no solamente para la actividad agropecuaria, sino también, para uso en las comunidades y zonas urbanas.

Como lo menciona FAO (2011) uno de los problemas más apremiantes de nuestro tiempo, es la disponibilidad de agua potable, sumada al acceso a los alimentos. Por ello, la agricultura es un componente dominante de la economía mundial (FAO, 2011).

En muchos países, esta presión ha originado una expansión hacia tierras marginales y normalmente está asociada a la agricultura de subsistencia (FAO, 2011). En otros, la necesidad de alimentos ha llevado a la expansión del riego y a una utilización cada vez mayor de fertilizantes y plaguicidas con el fin de lograr y mantener rendimientos superiores (FAO, 2011).

Murgia *et al* (2014) mencionan que la agricultura sostenible constituye uno de los mayores desafíos. Esta sostenibilidad supone que la agricultura no sólo es capaz de garantizar un suministro sostenido de alimentos, sino que sus efectos ambientales, socioeconómicos y sanitarios se reconocen y contemplan en los planes nacionales de desarrollo (Murguía, Medina, Bray, & Rivera, 2014).

La Sierra Madre Occidental, ubicada al este del Estado de Sinaloa, es en este enorme sistema montañoso y de pendientes donde comienzan a tomar forma los parteaguas de la cuenca del río Tamazulapa gracias a sus diversas altitudes que varían desde los 240 hasta los 3,000 msnm.

Geográficamente, el área de estudio se encuentra en línea recta a tan solo 120 km de las costas del pacífico mexicano y, dado su extensa llanura costera es aquí donde se localiza uno de los valles agrícolas más importantes del país por su productividad, así como su tecnificación hidráulica. El mencionado sistema funciona gracias a que los bosques de las montañas de la sierra son el primer sitio en el que la humedad proveniente del mar toca la tierra y se descarga en forma de lluvia. Son precisamente, los bosques que se encuentran localizados en dichas sierras, los que deberían ser, indudablemente, los principales beneficiarios por los programas gubernamentales en materia de pago por Servicios Ambientales, para garantizar el abasto de agua para los módulos de riego del Distrito 010, aunque dichas políticas, resulten aún innovadoras para México, y representen, de acuerdo con Pedraza (2008), una nueva opción para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

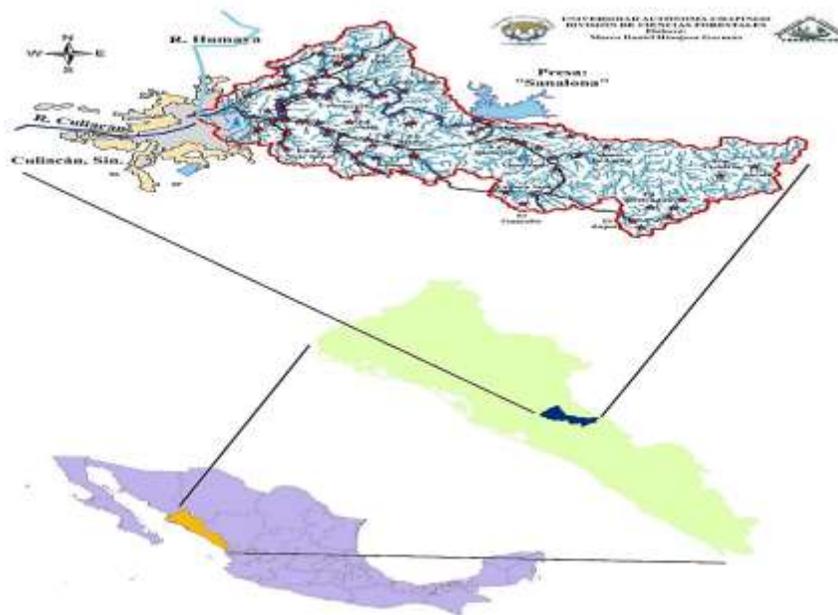
La presente investigación, pretende proporcionar propuestas técnicas para la planeación y administración de los recursos hídricos que la cuenca del río Tamazula proporciona, además de contribuir a la generación de conocimiento que permita valorar el potencial de oferta que de los servicios ambientales hidrológicos de dicha cuenca, proponiendo también, nuevos métodos para la gestión de los recursos hídricos por parte del distrito de riego 010 de Culiacán. Es importante también que en investigaciones posteriores, se propongan esquemas para el pago por servicios ambientales hidrológicos para la región. Si bien, la cuenca baja del río Tamazula es considerada una cuenca importante para la producción agrícola en el estado de Sinaloa, también es un excelente ejemplo a nivel nacional, sobre como los bosques brindan importantes servicios ambientales hidrológicos a las localidades de la cuenca, así como a la zona del valle de la misma, en este caso, al distrito de riego 010. Por lo que el objetivo de esta investigación es diagnosticar la relación entre los servicios ambientales hidrológicos y las zonas productivas del valle agrícola, específicamente del distrito de riego 010 de Culiacán.

1.1 Metodología

1.1.1 Área de Estudio

Ubicación geográfica. La cuenca baja del río Tamazula, está ubicada en el estado de Sinaloa, abarcando los municipios de Culiacán y una pequeña parte en el municipio de Cosalá (Figura 1), la mayor superficie se encuentra en el municipio de Culiacán, se localiza el Noroeste del estado de Sinaloa, entre los paralelos 24°58' Norte y 107°24' longitud oeste, con una altitud media de 216.72 msnm.

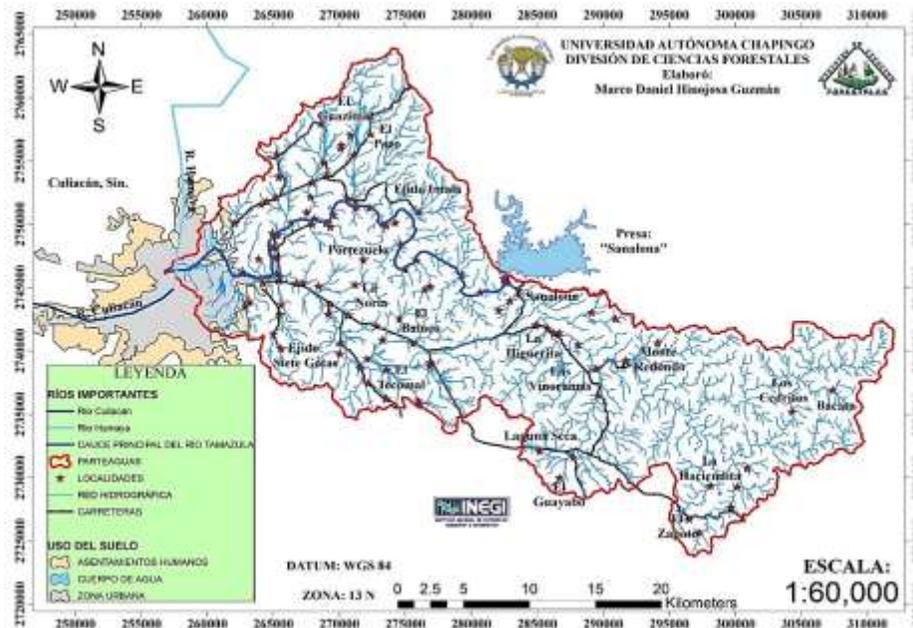
Figura 1 Ubicación Geográfica de la Cuenca Baja del Río Tamazula



Hidrología. De acuerdo con la cartografía generada en la presente investigación, la cuenca baja del río Tamazula manifiesta una red de drenaje bastante definida de tipo dendrítico ya que viene a formar una mano extendida, siendo equivalentes los afluentes del río principal, a cada uno de los dedos de la mano (Errazuriz, y otros, 1998).

Es el tipo de drenaje fluvial más común que existe. La palabra dendrítico procede del griego dendron, que significa árbol, debido a la semejanza que este tipo de drenaje tiene con un árbol y sus ramas, las cuales forman sus tributarios o afluentes. La delimitación de la cuenca baja del río Tamazula comienza justo en el punto en el que convergen el río Humaya con el río Tamazula, que es al mismo tiempo, donde nace el río Culiacán. De acuerdo con la cartografía generada para esta cuenca, la longitud del cauce principal, la que corresponde al cauce principal, es de 46.91 km. El cauce principal es una corriente de 7mo. Orden (Figura 1.1).

Figura 1.1 Mapa de Red Hidrográfica en la Cuenca Baja del Río Tamazula, Sin.



Uso actual del suelo y tipo de vegetación. De acuerdo con los registros de INEGI (2009) así como la cartografía generada, en la cuenca baja del río Tamazula los principales tipos de vegetación que se presentan son; Bosque Tropical Caducifolio (42, 510.4^o ha); Bosque Mediano Sucaducifolio (1, 072.45 ha), y en menor medida, Bosque de Encino (1, 710. 65 ha). El resto de superficie de la cuenca se encuentra bajo agricultura de riego y temporal, así como actividades pecuarias (36, 283.61 ha).

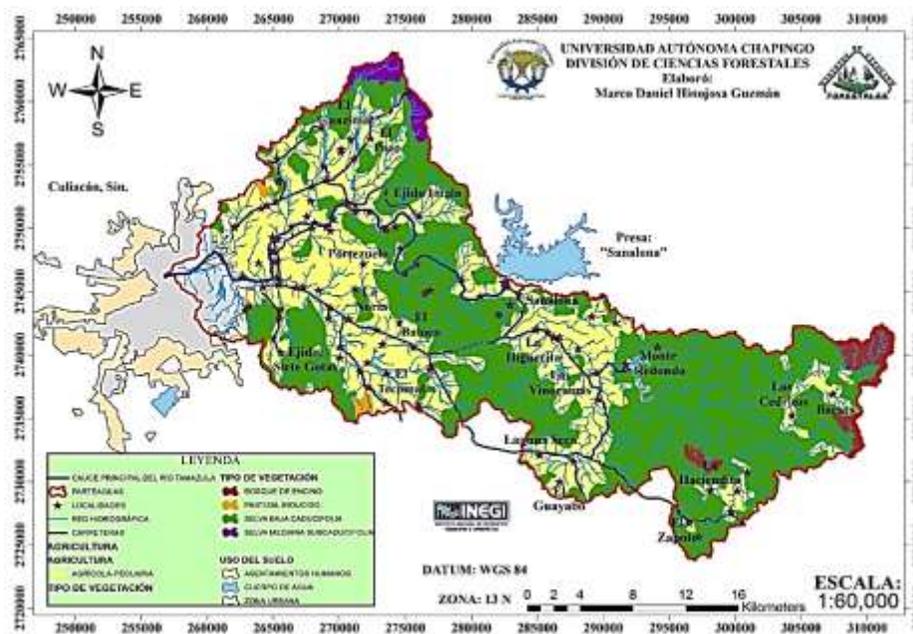
Tabla 1 Uso del Suelo y Tipo de Vegetación en la Cuenca Baja del Río Tamazula, Sin.

Tipo de Vegetación	Clave	Superficie (ha)	%
Bosque de Encino	BQ	1, 710.65	2.08%
Agrícola-Pecuario	A/P	36, 283.61	44.20%
Sin Vegetación Aparente	S/V	204.82	0.25%
Pastizal Inducido	PI	315.17	0.38%
Bosque Tropical Caducifolio	BTC	42, 510.40	51.78%
Bosque Tropical Mediano Subcaducifolio	BTMS	1, 072.45	1.31%
Total		82, 097.11	100%

Fuente: Elaboración propia en base a cartografía de INEGI (2009) & CONABIO (2010)

El bosque tropical caducifolio se desarrolla entre 0 y 1900 m de altitud, la temperatura media anual es del orden de 20° a 29°C. Presenta dos estaciones bien marcadas: la lluviosa y la seca, la precipitación media anual va de los 600 hasta los 1200 mm. Presenta una franca preferencia por suelos someros pedregosos y se localiza a menudo sobre laderas de cerros, las texturas pueden ser muy variables de arcilla a arena, el pH de ácido a ligeramente alcalino, son suelos bien drenados y por lo común jóvenes, con características derivadas de la roca madre, que puede ser tanto ígnea, como metamórfica (Rsedowski, 2006). El mismo autor menciona que en este tipo de vegetación es común encontrar especies del genero *Bursera* spp. (cuajote), *Cyrtocarpa procera* (coco de cerro), *Ceiba aesculifolia* (pochote), *Conzattial multiflora* (palo totote) con *Lemaireocereus weberi* (cardón). Estos datos han cambiado con el tiempo debido a que en la actualidad el avance demográfico y el uso desmesurado de los recursos forestales han cambiado la apariencia de la microcuenca, la cual se puede apreciar en el mapa de elaborado con imágenes satelitales (Google Earth ®) (Figura 1.2).

Figura 1.2 Mapa de Uso del Suelo y Tipos de Vegetación en la Cuenca Baja del Río Tamazula, Sin.



Demografía. La cuenca baja del río Tamazula se encuentra dentro de dos municipios, Culiacán y Cosalá. En la zona de estudio de acuerdo a INGI (2010) se encuentran 102 localidades las cuales se mencionan en el siguiente cuadro, así como el número de habitantes registrado por el INEGI en el Censo Nacional de Población y Vivienda (2010).

De acuerdo con la información proporcionada por el censo de población y vivienda (2010), dentro de las 102 localidades ubicadas dentro de la cuenca baja del río Tamazula viven 514,618 personas, de las cuales 505, 518 viven en la ciudad de Culiacán.

1.1.2 Caracterización de la cuenca

La delimitación de la cuenca baja se realizó de manera automática mediante el software para Sistemas de Información Geográfica ArcGIS 10.3®. Fue necesario también, utilizar programas de la paquetería de Microsoft Office® (Word, Excel, Power Point, entre otros), tanto para el procesamiento de datos como la edición del presente documento. Para el cálculo de los parámetros morfométricos de la cuenca baja, se aplicó el método aprendido en el curso de manejo de cuencas, edición 2015.

Plano de riesgo a inundaciones. En el caso del cálculo para el riesgo a inundaciones, se realizó un análisis de vulnerabilidad y riesgo de las edificaciones en la ciudad de Culiacán, se aplicó después de contar con la evaluación de amenazas y un diagnóstico físico el cual se generó con el programa Arc GIS 10.3®, utilizando como referencia valores calculados de los parámetros morfométricos de la cuenca como el tiempo de concentración, el índice de compacidad, la pendiente ponderada de la cuenca, la altitud de la boquilla de la cuenca baja del río Tamazula, entre otros.

Cálculo de huella hídrica. La metodología utilizada para el cálculo de la huella hídrica generada por los habitantes de la cuenca, fue la elaborada por UNESCO (2010), la cual establece como referencia, para la región noroeste de México que el volumen de agua utilizado diario 5.42 m^3 por persona es de lo que representa $1,978 \text{ m}^3$ al año. De este volumen, en promedio, el 70% es utilizado para la agricultura, 22% se destina para uso industrial y solamente el 8% es de uso doméstico.

Análisis FODA. Finalmente, la metodología que se utilizó para elaborar el análisis FODA, cuyo principal objetivo fue obtener información fidedigna y probable para la toma de decisiones. Para la ejecución de dicho análisis fueron seleccionados, de forma aleatoria simple decenas de puntos (coordenadas geográficas), con la finalidad de evaluar su cobertura vegetal, pendiente, uso del suelo, entre otros factores.

Para encontrar los valores de cada una de las variables citadas anteriormente se utilizó como instrumento de medición el análisis documental y registro cartográfico de instituciones como INEGI, CONABIO, SEMARNAT, entre otros; el cual, permite la revisión de todas las fuentes secundarias de información consultadas al respecto con el propósito de recopilar los datos necesarios para su procesamiento y posterior análisis.

El procedimiento seguido para acceder a los datos necesarios para la validación de la hipótesis se describe como sigue, primero se concibe un cronograma de trabajo el cual incluye la preparación de los técnicos que colaboraron en el estudio para lograr una mayor eficiencia de los resultados, la colaboración de las organizaciones para la revisión de sus análisis efectuado durante la construcción y análisis de la matriz de balance de fuerza y una vez cumplido estos pasos se procede a la utilización de procedimientos para el procesamiento y análisis de los datos.

1.2 Resultados y Discusión

En la siguiente figura se puede observar, el mapa base de la cuenca baja del río Tamazula, el cual fue de suma importancia para calcular de manera resumida, los parámetros morfométricos de la misma.

Figura 1.3 Mapa Base de la Cuenca Baja del Río Tamazula, Sin. (INEGI, 2015)

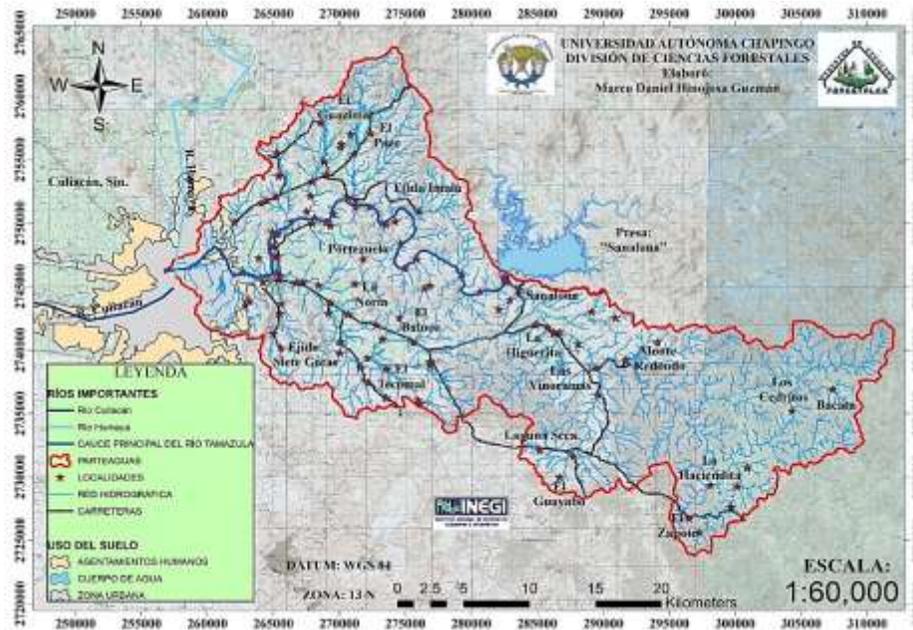


Tabla 1.1 Resumen de los parámetros calculados en la Cuenca Baja del Río Tamazula, Sin

No.	Parámetro	Unidad de Medida	Valor
1	Área de la Cuenca	ha	82,097.11
		km ²	820.97
2	Perímetro	km	212.86
3	Elevación Media de la Cuenca	msnm	216.72
4	Longitud del Cauce Principal	km	46.91
5	Densidad de Corrientes	corrientes/ha	0.15
6	Densidad de drenaje	km/km ²	2.09
7	Pendiente Media del Cauce Principal	m/m	0.02
8	Índice de Compacidad o de GRAVELIUS	k	2.08
9	Pendiente Ponderada de la Cuenca	%	19.37
10	Pendiente Media de la Cuenca	%	16.94
11	Precipitación Media Anual	mm	871.90
12	Temperatura Media Anual	°C	28.20
13	Altura máxima del cauce principal	msnm	59.00
14	Altura mínima del cauce principal	msnm	31.00
15	Desnivel entre Cota más Alta y más Baja	m	28.00
16	Tiempo de Concentración	horas	1.53
17	Cota máxima de la Cuenca	msnm	1,145.00
18	Cota mínima de la Cuenca	msnm	36.00
19	Altura más frecuente	msnm	178.00
20	Orden del cauce principal	un	7.00
21	Longitud de la red hídrica	km	1,718.86
22	Porcentaje de Vocación Forestal	%	55.17%
23	Porcentaje de área urbana	%	0.25%
24	Porcentaje de áreas perturbadas	%	0.38%
25	Porcentaje de cobertura agrícola	%	44.20%
26	Longitud total de las curvas de nivel	km	7,951.33

Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI (2010).

Tabla 1.2 Distribución mundial del uso del agua

Actividad	% destinado
Agricultura	70%
Industria	22%
Uso doméstico	8%

Fuente: UNESCO (2003)

Teniendo en cuenta lo anterior y de acuerdo con Duncan (2003) el consumo de agua está en función de una serie de factores inherentes a la localidad que se abastece y varía de una ciudad a otra. Los principales factores que influyen en el consumo de agua pueden ser: clima, nivel de vida de la población, costumbres de la población, sistema de provisión y cobranza (servicio médico o no), calidad del agua suministrada, costo del agua (tarifa), presión en la red de distribución, consumo comercial, consumo industrial, consumo público, pérdidas en el sistema existencia de red de alcantarillado, entre otros.

De acuerdo con CONAGUA (2014) para México se reporta que el promedio de consumo en agua per cápita es de 1, 978 m³ por persona por año, a partir de esto y considerando que en la cuenca baja del río Tamazula se ubican 102 poblados, incluyendo a la ciudad de Culiacán y el Distrito de Tiego 010 Culiacán-Humaya y que esta cantidad considera no sólo el uso doméstico sino también el agrícola e industrial.

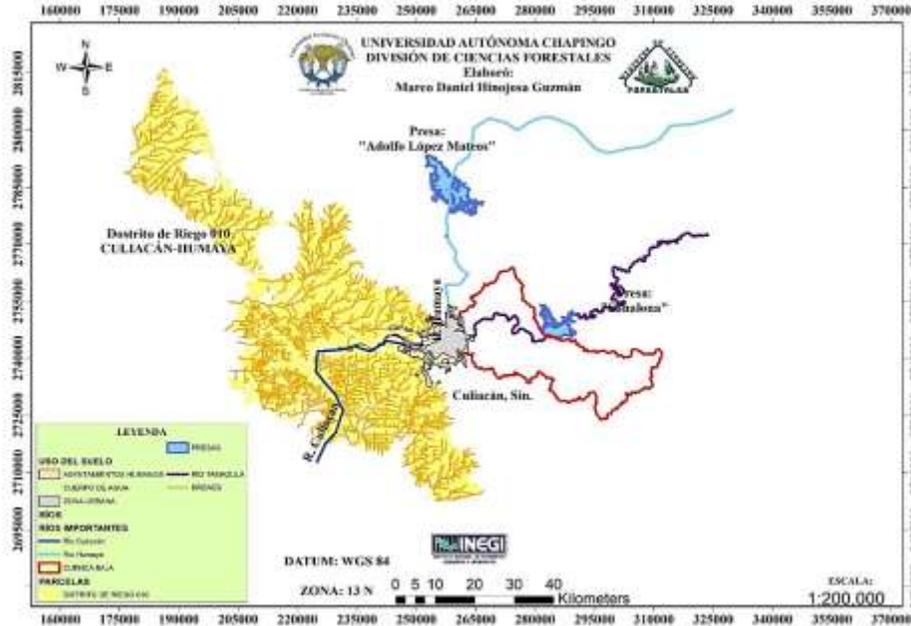
De esta manera en la zona de estudio el consumo de agua total corresponde a 2, 788, 806, 586.30 litros por día, o bien 1, 017 millones de m³ al año, de los cuales 223, 104.52 m³ por día se destinan al uso doméstico y 613, 537.45 m³ por día para uso industrial.

De acuerdo con CONAGUA (2014) el volumen de agua destinado para la agricultura alcanza los 1, 952.16 millones de m³, tomando en cuenta solamente a la población que vive dentro de la cuenca baja del río Tamazula. En este caso, las industrias que se presentan dentro de la cuenca, son más del tipo agroindustrial para procesar el importante volumen de productos agrícolas que se producen en el distrito de riego 010.

Debido a que las aguas de retorno generadas por el Distrito de Riego 010 representan la mayor fuente de contaminación que se localiza aguas abajo de la cuenca, se recomienda, establecer humedales artificiales en los principales drenes del Distrito de Riego los cuales transportan a las aguas de retorno con una cantidad importante de contaminantes.

La propuesta para establecer humedales artificiales, se muestra en la siguiente figura.

Figura 1.5 Propuesta de establecimiento de Humedales Artificiales en los principales Drenes del Distrito de Riego 010



Es en los drenes del Distrito de Riego 010 (las líneas naranjas), donde realmente se puede tener un impacto positivo con el establecimiento de humedales artificiales, los cuales, pueden funcionar como filtros naturales y reducir, hasta en un 70% el volumen de agro tóxicos que es vertido al agua por parte de las parcelas de cultivos.

Análisis FODA.

A partir de los resultados ya presentados y para realizar una mejor gestión de los recursos hidroagrícolas de la cuenca baja del río Tamazula, o bien para reconocer sus fortalezas o las acciones que deben llevarse a cabo para superar las debilidades o amenazas, se presenta el siguiente análisis FODA:

Fortalezas.

- El clima cálido y el corto periodo de precipitaciones propicia que la vegetación se desarrolle rápidamente y que se cierre rápidamente el dosel forestal.
- Poco más del 50% de la superficie de la Cuenca presenta cobertura forestal en buenas condiciones.
- La presencia de infraestructura hídrica dentro de la Cuenca, ayuda a que se realice de mejor manera la gestión de los recursos hídricos.

Oportunidades.

- Se cuenta con una superficie con vocación forestal significativa, que permitirá desarrollar proyectos bajo un modelo de sustentabilidad.

- Mejorar la estructura y densidad de los rodales forestales para la mejora en cantidad y calidad de agua que se puede cosechar en la Cuenca del Río Tamazula.
- Es posible desarrollar un programa de ordenamiento territorial, con la finalidad de aprovechar de manera óptima y sustentable los recursos disponibles.

Debilidades.

- No se dispone de suficiente información de las localidades que se ubican dentro del micro cuenca.
- Las políticas públicas de la región están más enfocadas a impulsar el desarrollo agropecuario que el forestal.
- Hay poco interés en la población de hacer un mejor uso de los recursos forestales.

Amenazas.

- La deforestación de bosques para la expansión de las áreas agrícolas y ganaderas.
- Las características morfológicas de la cuenca ocasionan graves inundaciones en la ciudad de Culiacán debido principalmente a que la infraestructura de la ciudad no está diseñada para evacuar el volumen agua generado por grandes tormentas y huracanes.
- Existe el riesgo latente, de que las tasas anuales de erosión aumenten, debido al aumento en la pérdida de cobertura vegetal y a las fuertes pendientes que se presentan en la parte alta de la Cuenca.

1.3 Conclusiones

La deforestación es un problema que afecta a cerca del 50% de la superficie de la cuenca baja del río Tamazula y es el tipo de vegetación denominado como bosque tropical caducifolio, el que tiene mayor afectación por este fenómeno en la región.

Las principales causas que generan deforestación en la cuenca baja del río Tamazula son el incumplimiento de las regulaciones vigentes en materia forestal, el libre acceso a las tierras comunales y ejidales de la cuenca y los bosques de galería de la corriente principal, de la falta de organización y gestión social y económica, sin soslayar el incremento de la población y del consumo, así como de otras exógenas como el cambio climático.

Alrededor del 70% del agua que se cosecha en la cuenca del río Tamazula es utilizada para abastecer a los 16 módulos de riego del Distrito 010 de Culiacán.

Los excedentes de riego que son aplicados en las hectáreas de cultivo son vertidos en drenes como aguas superficiales de retorno las cuales, de acuerdo con el programa Campo Limpio, transportan principalmente ditiocarbamatos, bupiridilos, organofosforados, organoclorados, compuestos inorgánicos, carbamatos y piretroides.

La producción agrícola intensiva, genera problemas en el mediano plazo, como la pérdida neta de suelo que es resultado de prácticas agrícolas desacertadas y por la salinización y anegamiento de las tierras de regadío.

El cambio climático, un factor que afecta de manera importante en actividades productivas de gran importancia, como lo es la agricultura en el estado de Sinaloa, ya que se han registrado aumentos en la temperatura que van desde 0.5 a 1.1 °C promedio anuales, lo cual se traduce en mayores requerimientos de agua por parte de los Módulos de Riego para poder así, garantizar la producción de los presentes ciclos agrícolas.

No debe olvidarse tampoco, que el cambio climático afecta también de manera significativa el régimen de lluvias a nivel mundial, que se traduce en huracanes y tifones de mayor intensidad; dichos fenómenos extraordinarios ponen en riesgo a unas urbanas como la ciudad de Culiacán, la cual ya se ha visto perjudicada por inundaciones cuando se presentan eventos como el huracán Manuel en el año 2010.

La destrucción de los bosques de galería es un fenómeno perturbador que tiene un efecto doblemente negativo, ya que, además de reducir e impactar directamente a la biodiversidad de especies que habitan en este tipo de ecosistemas, se elimina directamente una de las plantas tratadoras de agua más eficientes y económicas del planeta.

Es el sector forestal el que tienen mayor posibilidad de hacer frente a los efectos del cambio climático, mediante la conservación y restauración de ecosistemas de bosque tropical y de manglares (ya que se ha demostrado que son los más eficientes como sumideros de carbono), así como en las plantaciones forestales comerciales, que gracias a sus rápidos crecimientos son muy efectivas en el secuestro de carbono atmosférico.

La cuenca del río Tamazula, es un área de estudio muy interesante ya que su parteaguas incluye dos estados, más de 300 localidades incluyendo la capital del estado de Sinaloa, abastece de agua a los 16 Módulos de Riego del Distrito 010, y la contaminación de sus recursos hídricos perjudica, directamente, a los acuicultores que se encuentran aguas abajo de la boquilla de la cuenca.

1.4 Recomendaciones

Se necesita más inversión para continuar financiando los programas de pago por servicios ambientales a nivel nacional y mundial para proporcionar un mejor apoyo a las iniciativas internacionales para incrementar la gestión forestal sostenible y reducir la pérdida de bosques, especialmente en los bosques tropicales.

Es de la siguiente manera, que en el presente trabajo de tesis se pueden resumir las distintas medidas de acción que podrían adaptarse en el distrito de riego 010 para asegurar la disponibilidad del agua, tanto en cantidad como en calidad:

Establecimiento y operación de sistemas eficientes en función de los costos que permitan supervisar la calidad del agua destinada a los módulos de riego que conforman el distrito 010.

Prevenir los efectos negativos de las actividades agrícolas sobre la calidad del agua utilizada en otras actividades, urbanas e industriales, mediante la utilización óptima de insumos agrícolas (plaguicidas y fertilizantes).

Involucrar y hacer partícipe a los usuarios y a la población en general en los asuntos relacionados con la gestión del agua y establecer un plan de acción, para reducir los riesgos a inundaciones por fuertes avenidas, comenzando por cerrar el dosel en la parte alta de la cuenca.

Definir áreas prioritarias para realizar inversiones en infraestructura y mejorar la eficiencia de las infraestructuras de transporte de agua para que la misma pueda ser evacuada eficazmente cuando llegue a presentarse un evento extraordinario.

Establecer las medidas adecuadas en la agricultura con el fin de eliminar las fuentes de contaminación y reducir los procesos erosivos dentro de toda la cuenca.

Con base a las tasas de erosión presentes en la cuenca y a las características del sitio del que se trate, es necesario llevar a cabo las obras de conservación de suelos más adecuadas, como lo ha venido haciendo la Institución de Asistencia Privada FACES los últimos 5 años.

Educar y concientizar a los usuarios de los módulos de riego en lo relativo a los efectos negativos y contaminantes del uso de fertilizantes y plaguicidas sobre la calidad del agua y su residualidad en alimentos agrícolas y pesqueros.

Reducir los efectos negativos de los productos químicos agrícolas mediante la implementación de humedales verdes que filtren las aguas residuales de retorno agrícola a lo largo de los drenes del distrito de riego 010.

Tratar adecuadamente de las aguas residuales procedentes de las zonas urbanas y localidades, así como del abono generado por la ganadería intensiva también presente en la región.

Prevenir de la escorrentía de suelos y sedimentación, presentes en la parte alta de la cuenca del río Tamazula, las cuales reducen también y de manera importante la vida útil de la presa Sanalona.

Establecer criterios biológicos, físicos y químicos de calidad del agua para los usuarios de los módulos de riego, quienes influyen a su vez a los productores de los sistemas marinos, como lo son las granjas camaronícolas del estado de Sinaloa.

1.5 Referencias

Arévalo, L. A., & Rivera, J. C. (2013). Definición de zonas de recarga y descarga de agua subterránea a partir de indicadores superficiales: centro-sur de la Mesa Central, México. *Investigaciones Geográficas*, II(81), 18-32.

Barros, V. (2006). *Cambio climático global* (Primera ed.). Roma, Italia.

Camacho, C. (2008). Esquemas de pagos por servicios ambientales para la conservación de cuencas hidrográficas en el Ecuador. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestale*, I(21), 54-66.

CNA. (2014). *Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento* (Tercera ed.). Coyoacán, México, D.F.: Subdirección General de Administración del Agua.

CONAFOR. (2012). *El Pago por servicios ambientales: su papel en la reducción de la deforestación*. Zapopan, Jalisco: CONAFOR.

- CONAGUA. (1994). *Las Presas de México* (SEGUNDA ed.). Ciudad de México, México: CONAGUA.
- CONAGUA. (2000). *Reglamento de Operación del Sistema de Riego San Lorenzo-Culiacán-Humaya-Mocorito* (PRIMERA ed.). Culiacán, México: CONAGUA.
- CONAGUA. (2008). *Historia del Agua en Sinaloa, Siglo XX* (PRIMERA ed.). Culiacán, México: Universidad Autónoma de Sinaloa.
- CONAGUA. (2008). *Reglamento del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya*. (PRIMERA ed.). Culiacán, México.: CONAGUA.
- CONAGUA. (2011). Estadísticas del agua en México. En *Usos del agua* (págs. 44-56). Ciudad de México, México: CONAGUA.
- Errazuriz, A. M., Cereceda, P., Gonzalez, M., Rioseco, R., González, J. I., & Henríquez, M. (1998). *Manual de Geografía de Chile* (Segunda ed.). Santiago, Chile: Andrés Bello.
- FAO. (2011). *Lucha contra la contaminación de los recursos Hídricos*. Roma, Italia: Departamento de Desarrollo Sustentable.
- INECC. (2014). *El Cambio Climático en México*. Recuperado el 8 de Agosto de 2016, de http://www2.inecc.gob.mx/cclimatico/edo_sector/sector/amenaza-agricultura.html
- INECOL. (2003). *La Situación de los Residuos Sólidos en México*. Ciudad de México, México: SEMARNAT.
- Murguía, A. V., Medina, E. D., Bray, D. B., & Rivera, R. (2014). Cambios en la cobertura arbolada de comunidades indígenas con y sin iniciativas de conservación, en Oaxaca, México. En *Investigaciones Geográficas* (págs. 55-73). Oaxaca, México: Instituto de Geografía, UNAM.
- Pedraza, R. L. (2008). *Valoración del Potencial de Servicios Ambientales Hidrológicos en Vegetaciones Contratantes de la Sierra Gorda de Querétaro*. (PRIMERA ed.). Querétaro, México: Universidad Autónoma de Querétaro.
- Perevochtchikova, M., & Beltrán, A. V. (2014). *Los Servicios Ambientales Hidrológicos como instrumento alternativo para la Gestión Integral del Recurso Hídrico en el Distrito Federal*. México, DF. : Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales.
- Rojas, A. C. (2006). *Historia de la Irrigación en Sinaloa (una visión panorámica)* (PRIMERA ed.). Culiacán, México: Universidad Autónoma de Sinaloa.
- Salazar, F. E. (2004). *Las organizaciones agrícolas en México. Aspectos históricos y jurídicos, Culiacán: Confederación de Asociaciones Agrícolas del Estado de Sinaloa* (PRIMERA ed.). Culiacán, México: Asociación de Agricultores del Río Culiacán.
- Sánchez, E. R. (2010). *Situación Actual y Futura de los Pagos por Servicios Ambientales en México: en el caso de hidrológicos*. México, D.F.: SEMARNAT.

Sandoval, A. S. (2010). *Consolidación de la Transferencia del Distrito de Riego 010 Culiacán Humaya San Lorenzo a los usuarios* (Primera ed.). Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo.

SEMARNAT. (2008). *Programa de Pago por Servicios Ambientales* (Primera ed.). México: SEMARNAT.

SEMARNAT. (2010). *Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego* (PRIMERA ed.). Culiacán, México: Consejo Nacional de Productores de Maíz A.C. México.

SEMARNAT. (2010). *Identificación de Áreas Críticas para la Provisión de Servicios Ambientales Hidrológicos, e Identificación de Usuarios y Proveedores en Sinaloa*. Culiacán, Sinaloa: CONAFOR.