

Ensayos

Lluvia, suelo y vegetación, recursos esenciales en la gestión integral y sostenible del agua

Recibido: 06-04-2018 Aceptado: 04-09-2018 (Artículo Arbitrado)

Resumen

El agua, el suelo y la vegetación son vitales para Huajuapán de León; para su sostenibilidad es necesario manejarlos inteligentemente. En este contexto se presenta este ensayo cuyos objetivos son: a) describir el diagnóstico biofísico de la Cuenca Alta del Río Mixteco (CARM) y b) proponer acciones para aumentar la disponibilidad de agua. Se revisó literatura y se complementó con información no documentada de proyectos de investigación. Se encontró que Huajuapán se abastece de agua proveniente de la CARM (91 153 ha). La degradación de la vegetación y el suelo hace que anualmente en esta área, durante la temporada de lluvias (junio-septiembre), escurran superficialmente 12.4 millones de m³ de agua. Este fenómeno genera escasez de agua en las partes altas e inundaciones en las partes bajas. Para disminuir estos efectos es necesario desarrollar sistemas que retengan el agua en las partes altas de la cuenca. Paisajes de retención de agua, zanjas de infiltración, terrazas de absorción, restauración forestal y sistemas agroforestales son acciones imprescindibles. Con éstas se aumenta la producción agropecuaria y forestal, así como la disponibilidad de agua en beneficio de los habitantes de la cuenca, principalmente de la ciudadanía de Huajuapán de León, Oaxaca.

Abstract

Water, soil and vegetation are vital for Huajuapán de León, Oaxaca, and managing these elements intelligently are vital for their sustainability. With this in mind, the objectives of this essay are: a) to describe the biophysical diagnosis of the upper basin of the River Mixteco (UBRM) and b) to put forward measures to increase the availability of water. A literature review was carried out and was complemented with non-published data from research projects. It was found that Huajuapán de León is supplied with water from UBRM (91 153 ha). Vegetation and soil degradation in this area during the rainy season (June-September) results in an annual surface runoff of 12.4 of million m³ of water. This leads to a water shortage in highlands and flooding in lowlands. In order to combat this problem, it is necessary to develop water storage systems in the UBRM, while water retention landscapes, infiltration trenches, absorption terraces, forest restoration and agroforestry systems are also vital. With these measures in place, agricultural, livestock and forest productivity increase as well as the availability of water, benefitting the populations located in the basin, mainly the inhabitants of Huajuapán de León, Oaxaca

Résumé

L'eau, le sol et la végétation sont vitaux pour Huajuapán de León ; pour leur durabilité, il est nécessaire de les utiliser à bon escient. C'est dans ce contexte qu'est présenté ce travail, dont les objectifs sont :a) décrire le diagnostic biophysique de la Cuenca Alta del Rio Mixteco(CARM) et b) proposer des actions pour augmenter la disponibilité de l'eau. Après des recherches dans la littérature associées à des informations non documentées de projets de recherche, nous avons découvert que l'approvisionnement en eau de Huajuapán provient de la CARM(91 153ha). La dégradation de la végétation et du sol provoque une perte de 12.4 millions de m³ d'eau superficiellement chaque année dans cette zone pendant la saison des pluies(juin-septembre). Ce phénomène entraîne une pénurie d'eau dans les zones hautes et des inondations dans les zones basses. Pour diminuer ces effets, il est nécessaire de mettre en place des systèmes qui retiennent l'eau dans les zones hautes du bassin. Des paysages de rétention d'eau, des tranchées d'infiltration, des terrasses d'absorption, une restauration forestière et des systèmes agroforestiers sont des actions indispensables qui permettront une augmentation de la production agricole et forestière ainsi qu'une disponibilité de l'eau au profit des habitants du bassin, principalement des habitants de Huajuapán de León, Oaxaca.

Saúl Martínez Ramírez¹
Magnolia G. Martínez Rivera²
Fidencio Sustaita Rivera³

Palabras clave: Abastecimiento de agua, cuenca hidrográfica, paisaje de retención.
Keywords: Water supply, watershed, watert retention landscape.
Mots-clés: Distribution d'eau, bassin hydrographique, paysages de rétention.

^{1,3} Universidad Tecnológica de la Mixteca

² Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México.

Correspondencia:
¹saulmr@mixteco.utm.mx

Introducción

El agua es básica para el desarrollo de las sociedades. Sin agua la existencia de vida en la Tierra es imposible. El agua dulce lo proporcionan las cuencas hidrográficas cubiertas con vegetación forestal; el suelo y el agua son factores que están implicados en el crecimiento de los árbo-

les y en general en el desarrollo y la continuidad de los bosques y de la biodiversidad que en ellos existen (Blanco, 2017); así, el agua, la vegetación y el suelo son recursos naturales que mediante sus complicadas interacciones con otros factores ambientales contribuyen con productos y servicios al desarrollo de las sociedades.

Para que las ciudades tengan mayor disponibilidad de agua de alta calidad es necesario conocer las interacciones que ocurren entre los componentes bióticos y abióticos de las cuencas hidrográficas y orientarlas, mediante la aplicación de tecnologías, hacia la gestión integral y sostenible del agua. Esto es importante para la ciudad de Huajuapán de León que en los últimos años ha experimentado una escasez del vital líquido como consecuencia del deterioro de la vegetación y el suelo en la CARM, territorio que le abastece de agua.

Desarrollo

El agua, el suelo y la vegetación en las cuencas hidrográficas

La mejor estrategia para que la sociedad cuente con más y mejor calidad de agua es la gestión integral y sostenible de las cuencas hidrográficas (Dourojeanni *et al.*, 2002; Cotler y Priego, 2007; Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2014; Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2017), ya que en este territorio es posible considerar las interacciones entre aspectos ambientales, económicos, sociales, hidrológicos e institucionales (Ministerio de Agricultura y Riego, 2016).

El abasto seguro del agua potable debe gestionarse a través del manejo integral de las cuencas hidrográficas, donde el ciclo hidrológico se regula como fuente inagotable, siempre que no se afecten las funciones ecosistémicas que brindan las montañas, los ríos, los lagos, los humedales, los suelos, los bosques y todos los organismos que integran a este complejo sistema vital (Ortuño, 2017). En muchas regiones del mundo hay una creciente presión humana sobre los recursos naturales, misma que se exacerbará con el cambio climático. En este contexto, es necesario investigar, diseñar y desarrollar estrategias para que la sociedad rural y urbana, cuente con más agua de alta calidad.

El diagnóstico biofísico de la Cuenca Alta del Río Mixteco

La CARM es un territorio de 91 153 ha, se sitúa hacia el norte de la ciudad de Huajuapán de León; su altitud va desde 1 560 hasta 2 920 m; su relieve es de ondulado a escarpado, solamente el 10 % de este territorio tiene una pendiente menor al 5 %; la temperatura media anual es de 16°C en el centro de la cuenca, la temperatura oscila desde 13.5 hasta 17°C; la precipitación promedio anual varía de una zona a otras, desde 550 hasta 800 mm, pero el 70 % de la cuenca recibe entre 650 y 800 mm; la zona de mayor precipitación es la mitad oriental, la menos lluviosa se sitúa en la parte norte; en la ciudad de Huajuapán de León, el promedio anual de lluvia es de 637 mm; en la mayor parte del territorio de la CARM hay entre 60 y 70 días de lluvia por año (Blanco *et al.*, 2001).

El territorio de la CARM es eminentemente para uso forestal; la selva baja caducifolia se extiende casi en el 50 %; también hay bosques de pino, bosque de pino encino, bosque de encino, bosque de enebro y vegetación ribereña en la que sobresalen como especies emblemáticas el álamo mexicano y el ahuehuete. En el resto de la cuenca predomina el matorral xerófilo, el matorral rosetófilo y las cactáceas columnares, todos estos ecosistemas con alta diversidad de especies. Generalmente, las áreas que rodean a las poblaciones carecen de cubierta vegetal arbórea, aunque no tienen uso agrícola (Blanco *et al.*, 2001). La misma fuente refiere que el basamento geológico es muy variado, pero en la CARM hay mayor proporción de rocas volcánicas; también hay conglomerados, areniscas, arcillas, calizas, esquistos y depósitos aluviales de ribera. Todo este ambiente ha conducido hacia la formación de varios tipos de suelos que se caracterizan por un pobre desarrollo y abundante pedregosidad; la mayoría de estos suelos tienen nula capacidad de retención de agua, fenómeno que se acentúa en la cuarta parte de la cuenca, en el resto esta capacidad se considera baja, esta condición limita fuertemente el desarrollo de las plantas.

En la CARM, la infiltración es elevada en la parte central, pero en la parte norte es muy baja, el contenido de agua en el suelo no supera los 50 L m⁻²; el escurrimiento superficial causa fuerte erosión, especial-

mente en zonas deforestadas y en zonas con materiales impermeables; la porción norte aporta muy poco a la recarga de acuíferos en comparación con la parte central y oriental (Blanco *et al.*, 2001).

Con base en las características de la CARM y con el propósito de iniciar el manejo integral sostenible de los recursos naturales Martínez *et al.* (2001) propusieron 25 acciones, entre las que destacan nueve: 1) manejo de materia orgánica orientado hacia el mejoramiento de la fertilidad del suelo, 2) incorporación de nuevos cultivos comerciales, 3) protección y conservación de suelos agrícolas, 4) control de los escurrimientos superficiales, 5) regulación de la extracción de productos forestales, 6) propagación de plantas forestales nativas, 7) restauración de suelos por medio del establecimiento de la vegetación forestal, 8) aumento de la cobertura vegetal y 9) protección de especies endémicas.

Las acciones 1, 2 y 6 se han realizado parcialmente. Así, el manejo de los desechos sólidos que genera la ciudad de Huajuapán de León ha mejorado; la materia orgánica desechada se transforma en composta la cual, a través del gobierno municipal, se proporciona a los productores para mejorar la fertilidad de suelos agrícolas. Para la incorporación de nuevos cultivos comerciales, en colaboración con los productores, se hicieron plantaciones de *Agave potatorum* Zucc. (maguey mezcalero) e *Selenicereus undatus* (pitajaya), pero no hubo una respuesta perdurable; algunas de estas plantaciones se realizaron con fines de investigación (Martínez *et al.*, 2012, 2013, 2014). La propagación de plantas nativas ha continuado en el vivero de la Universidad Tecnológica de la Mixteca (UTM) y en el vivero mixto del gobierno municipal de Huajuapán de León. Se investigó la recolección de semillas y su germinación (Martínez *et al.*, 2015a, 2015b). Se experimentó el crecimiento en vivero de los magueyes mezcaleros *Agave potatorum* y *A. angustifolia* Haw. en función de tres procedencias de suelo y cuatro niveles de fertilización (Martínez *et al.*, 2013).

Ante la creciente población humana en la ciudad de Huajuapán de León, la demanda de más agua y en general, de más recursos para el desarrollo de la so-

ciudad, va en rápido aumento por lo que es necesario acelerar la puesta en marcha de estas acciones, con un enfoque de sostenibilidad y enmarcadas en la CARM.

¿Cómo aumentar la infiltración de agua en las cuencas?

La principal acción para aumentar la infiltración de agua en la CARM es el establecimiento de vasos (paisajes) de retención de agua, que se basa en la idea “quien controla y maneja las montañas, controla los ríos y dispone de más agua en el estiaje” (Vázquez *et al.*, 2014). También la construcción de zanjas de infiltración y terrazas de absorción (Martínez *et al.*, 2009); indirectamente el establecimiento de la vegetación forestal (Blanco, 2017) y el desarrollo de sistemas agroforestales (Mendieta y Rocha, 2007) favorecen la retención de agua en las partes altas de las cuencas. Con estas acciones se genera más agua limpia, más riqueza (bosques, pastos, agricultura, turismo, biodiversidad, servicios ambientales y otros beneficios).

Se considera que para disminuir el escurrimiento superficial y aumentar la infiltración de agua en la CARM es necesario realizar las siguientes acciones: 1) construcción de paisajes de retención de agua, 2) construcción de zanjas de infiltración y terrazas de absorción, 3) restauración de la vegetación forestal y 4) establecimiento y desarrollo de sistemas agroforestales.

1) Construcción de paisajes de retención de agua

El propósito de los paisajes de retención de agua es eliminar el escurrimiento superficial, de tal modo que el agua de lluvia y el residual previamente tratado se infiltre y brote terreno abajo en manantiales; esta acción mitiga los efectos de la erosión de suelos, la cual ha sido más intensa en las últimas décadas; se desarrolló como una alternativa para generar más rápido un ambiente propicio para el desarrollo de la vida en lugar de emplear sistemas que tardan de 30 a 40 años o más para hacerlo (Walter, 2013).

Es recomendable que la construcción de los paisajes de retención de agua se inicie en tierras forestales situadas alrededor de las poblaciones y continuar

pendiente arriba hasta cubrir la cuenca. Al considerar que el agua es un ser vivo, Walter (2013), puntualiza tres recomendaciones para que estos paisajes funcionen eficientemente: a) el lado más largo del vaso debe orientarse a favor de los vientos dominantes, así el agua se oxigena y las partículas de desechos llegan a las orillas donde las plantas las aprovechan, b) las orillas deben seguir líneas curvas, así el agua puede dar vueltas y girar; en las orillas se deben tener plantas acuáticas y de orilla; también se deben intercalar zonas profundas y zonas someras para generar un gradiente de temperatura que mantiene un agua saludable, c) el muro de retención se construye con materiales naturales; el paramento mojado se repella con suelo arcilloso de la capa profunda que ha estado en contacto con la capa impermeable; el muro se construye por capas, las cuales se van compactando una a una; al final, en el paramento seco se coloca una capa de suelo fértil para beneficiar a las especies vegetales.

En la Mixteca oaxaqueña se tiene un paisaje de retención de agua en San Martín Palo Solo, municipio



Figura 1. Paisaje de retención de agua en San Martín Palo Solo. Junio de 2012.



Figura 2. Represa de tierra compactada en San Martín Palo Solo. Junio de 2012.

de San Miguel Tequixtepec, Coixtlahuaca, Oaxaca, (figuras 1 y 2).

Su construcción concluyó en 2012; colaboraron la Universidad Politécnica de Madrid, la Universidad Tecnológica de la Mixteca (UTM), la Fundación Gonzalo Río Arronte y los usufructuarios de la tierra.

2) Construcción de zanjas de infiltración y terrazas de absorción

Las zanjas de infiltración se construyen en curvas de nivel en áreas de vocación forestal, se pueden construir en las partes altas y medias de las cuencas hidrográficas, su función es captar el agua proveniente del escurrimiento superficial generada por las lluvias, así como favorecer su infiltración y disminuir la erosión de suelos (Vázquez *et al.*, 2014); con esta acción se aumenta la disponibilidad de agua durante el estiaje, se facilita el desarrollo de vegetación, se mejora el paisaje y se aumenta la biodiversidad. En San Martín Palo Solo se construyeron zanjas de infiltración con maquinaria pesada, su sección es rectangular con anchura de 50 cm y profundidad de 60 cm (figura 3), en tanto que en San Agustín Atenango, la anchura de estas zanjas es de 60 cm y la profundidad de 30 cm (figura 4), al igual que las que están en Rancho Dolores (figura 5).

Las terrazas de absorción, son terraplenes formados por bordos de tierra, o la combinación de bordos y canales; se construyen perpendiculares a la pendiente del terreno; su propósito es reducir la erosión, el escurrimiento superficial y aumentar la infiltración (Martínez *et al.*, 2009).



Figura 3. Zanjas de infiltración en San Martín Palo Solo. Junio de 2012.



Figura 4. Zanjas de infiltración y plantación de magüey mezcalero. San Agustín Atenango, Santo Domingo Tonalá, Oaxaca. Septiembre de 2016.



Figura 5. Zanjas de infiltración y plantación de magüey mezcalero. Rancho Dolores, Huajuapán de León, Oaxaca. Mayo de 2010.

En la CARM se deben construir, preferentemente con maquinaria, en terrenos semiplanos que ya no se emplean para la agricultura y en los pastizales con pendientes menores de 20 %. En la UTM se deben construir en sitios con pendientes menores a 20 % como parte de un área demostrativa. Su construcción debe ser manual ya que la vegetación existente impide el uso de maquinaria.

3) Establecimiento y restablecimiento de la vegetación forestal

Esta acción debe realizarse conjuntamente con la construcción de zanjas de infiltración y terrazas de absorción, ya que interactúan positivamente; se obtiene como resultado un rápido crecimiento de las plantas como consecuencia de mejores condiciones de humedad edáfica; se ha visto que la vegetación forestal repercute también en una mayor recarga de los mantos acuíferos, un mejoramiento del paisaje, un aumento de la biodiversidad y una regulación del ciclo hidrológico local; además, es notorio que la vegetación forestal favorece la aparición de manantiales y aumenta el caudal de los existentes; también

contribuye a la producción de hongos comestibles y a la retención de CO₂ con lo que se puede tener acceso a los Bonos de Carbono (Vázquez *et al.* 2014).

El establecimiento de la vegetación forestal, especialmente con árboles maderables, debe realizarse en las orillas de las poblaciones con el fin de que los árboles tengan un cuidado efectivo y los costos por establecimiento sean bajos al disminuir la distancia de desplazamiento de las brigadas de campo y los materiales. En la CARM pueden establecerse árboles maderables tanto en plantaciones como en sistemas agroforestales. Previo convenio con los pobladores de las comunidades se deben establecer plantaciones escalonadas con el fin de aprovechar la madera una vez que los árboles lleguen a su edad comercial y a partir de allí cada año se dispondrá de un volumen de madera aprovechable. Como parcela demostrativa puede emplearse el bosque establecido en la UTM. Este bosque se debe ampliar para extenderse en las áreas desprovistas de vegetación arbórea que aún quedan en las 104 ha.

Un ejemplo de establecimiento de la vegetación forestal es el desarrollado en la UTM; después de 25 años de plantados, muchos de los árboles de *Pinus oaxacana* Mirov han alcanzado tamaño comercial, de tal manera que pueden derribarse y aserrarse para su aprovechamiento. La mayoría de los árboles de *Eucalyptus sp.* Labill. y de *Casuarina equisetifolia* L., plantados en 1990, han rebasado los 20 m de altura y muchos de ellos, especialmente eucaliptos han sido derribados. Los árboles de *Cupressus lindleyi* Klotzsch ex Endl. también han rebasado los 20 m de altura y su tronco un diámetro de 25 cm, a pesar de que la mayoría de ellos se plantaron a distancias muy cortas, apenas de 40 a 50 cm ya que se habían establecido para formar setos vivos. Otras especies arbóreas maderables como *Juniperus flaccida* Schldl. y *Fraxinus uhdei* (Wenz) que se plantaron entre 2002 y 2004 también han alcanzado su tamaño comercial, aunque siguen creciendo en diámetro pueden ya aprovecharse como madera para elaborar productos torneados. Muchos ejemplares de *Lysiloma acapulcensis* (Kunth) Benth., una especie nativa, ya tiene tamaño aprovechable para productos torneados.

Otro ejemplo de establecimiento de la vegetación forestal lo constituye el bosque (2 ha) de *Pinus oaxacana* que se estableció en 2000 en La Cumbre, para proteger al paisaje de retención de agua en San Martín Palo Solo, San Miguel Tequixtepec, Coixtlahuaca, Oaxaca (figura 6). En este bosque se puede obtener madera para postes y otros usos; la mayoría de los árboles tienen tronco de alrededor de 20 cm de diámetro y altura de 15 m, a pesar de la baja fertilidad del suelo en el que se plantaron (figuras 6 y 7).

4) Establecimiento y desarrollo de sistemas agroforestales

Los sistemas agroforestales son parte de la agroecología y por sí mismos son sistemas de producción que consisten en cultivar y criar, dentro de la misma parcela, árboles maderables, plantas agrícolas y especies animales (Mendieta y Rocha, 2007); son altamente productivos, muy resilientes y generan muchos servicios ambientales (Montagnini, 2015). Con base en el arreglo espacial y temporal de sus componentes se han agrupado en 18 prácticas (Velázquez *et al.*, 2014) entre las que resaltan por su importancia y antigüedad los huertos familiares o huertos de traspatio

(Moreno-Calles *et al.*, 2014), una variante del sistema agrosilvopastoril, por lo que deben establecerse en una primera etapa.

Como huerto familiar demostrativo debe desarrollarse uno en la UTM. El sitio más viable para su establecimiento y desarrollo es dentro del área del vivero experimental forestal ya que estaría bajo la vigilancia, cuidado y aprovechamiento de los viveristas. Dentro de la CARM, una estrategia viable para reorientar los huertos familiares existentes, así como, para establecer y desarrollar nuevos, es en las áreas marginales de las poblaciones en donde las familias podrían destinar áreas relativamente grandes para ello (alrededor de 1000 m²). Como especies arbóreas maderables deben emplearse *Cedrela odorata* L. (cedro rojo), *Swietenia macrophylla* King. (caoba), maderas que se cotizan bien en el mercado internacional de la madera por ser consideradas como preciosas.

La plantación de los árboles maderables debe hacerse de manera escalonada con el propósito de que el productor cuente con un volumen de madera cada año a partir del año en que se aprovechen los primeros árboles plantados. Existen algunos ejemplares de cedro rojo en la ciudad de Huajuapán de León, Oaxaca, que tienen 13 años y cuyo tronco han alcanzado más de 30 cm de diámetro, es decir, ya pueden generar madera aserrada. En relación con la caoba, existen árboles de *Swietenia humilis* Zucc. que han mostrado buen crecimiento, a pesar que se plantaron en suelos poco fértiles.

Para lograr la gestión integral y sostenible del agua es necesario superar las cuatro metas que Dourojeanni (2009) menciona como desafíos. Particularmente, en la CARM, además de estas cuatro metas, hay dos obstáculos importantes que salvar para tener éxito en la realización de actividades tendientes a aumentar la cantidad y mejorar la calidad del agua. El primer obstáculo es la tenencia de la tierra y el segundo es la veda hídrica que impuso el Estado en los años 30's del siglo pasado.

Para establecer acuerdos con los usufructuarios de la tierra se debe tener en cuenta los usos y costumbres, así como, la cosmovisión que tienen estos gru-



Figura 6. Reforestación en San Martín Palo Solo. Izquierda, en 2000; derecha, en 2018.

pos hacia los bienes y servicios que se generan con los tres recursos naturales (agua, suelo, vegetación), tal como se describe en Ocampo-Fletes *et al.* (2018). Esta acción implica una labor multidisciplinaria en la que profesionales altamente calificados logren los acuerdos pertinentes, apegados a la ley y sean lo más justos posible.



Figura 7. Árboles de *Pinus oaxacana* de 12 años que se establecieron para retener el suelo y el agua en San Martín Palo Solo. Junio de 2012.

En el caso de la veda hídrica, será conveniente investigar el alcance que tiene la modificación de la veda del río Balsas, referida en Valencia-Vargas (2015) y los 10 decretos presidenciales del 6 de junio de 2018 referidos en Navarro (2018).

En tanto se desarrollen las actividades relacionadas con la participación de los usufructuarios de la tierra y con la veda del río Balsas es esencial que estas acciones se realicen en una modalidad de parcela demostrativa en el terreno de la UTM. También se ha observado que para desarrollar exitosamente sus funciones, las instituciones de enseñanza e investigación en ciencias agropecuarias y forestales tienen sus campos experimentales y parcelas demostrativas. Así, la UTM, aunque no desarrolla ninguna carrera en ciencias agropecuarias y forestales, al ser la única institución pública de enseñanza superior en el área de influencia de Huajuapán de León, Oaxaca, tiene la obligación moral de hacer estas actividades a través del Instituto de Hidrología. El territorio que ocupa la UTM es de 104 ha con suelo eminentemente de uso forestal, esto facilita su habilitación como campo experimental en el que la investigación hidrológica sea prioritaria. Con base en lo anterior, la realización de las acciones que se consideran en este ensayo debe ponerse en práctica en el *campus* universitario. Además, las evaluaciones para su diseño, construcción y desarrollo, implicaría costos mínimos ya que para su realización no habría desplazamiento de personal hacia afuera del *campus* universitario.

Conclusiones

El régimen de lluvias, las condiciones del suelo y vegetación en la CARM, indican que mediante su manejo integral es posible generar de manera sostenible, agua, y otros productos en beneficio de las poblaciones que se desarrollan en este territorio.

La aplicación de paisajes de retención de agua, zanjas de infiltración, terrazas de absorción, restauración forestal y sistemas agroforestales en cuencas hidrográficas genera agua limpia y múltiples productos agropecuarios y forestales.

Para la gestión integral y sostenible del agua hace falta una estrategia que logre hacer sinergia entre los actores que inciden en las cuencas hidrográficas: pobladores (comuneros, ejidatarios, pequeños propietarios), instituciones generadoras de conocimiento (institutos, universidades) instituciones normativas (gobiernos federal, estatal, municipal) y entidades de financiamiento (gobiernos, organizaciones no gubernamentales e iniciativa privada).

Bibliografía

- Blanco A. A., S. Martínez R., O. Sánchez P., A. Rubio S., C. Cisneros C., E. C. Pedro S., R. Morales L., F. Sustaita R. (2001) *Aplicación de un Modelo de Balances Hídricos en la Cuenca Alta del Río Mixteco (Oaxaca). Determinación del Bionomio Infiltración/escurrimiento con Vistas a la Reconstrucción de sus Ecosistemas Forestales*. Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán de León, Oaxaca. México. 251p.
- Blanco J. A. (2017) Bosques, suelo y agua: explorando sus interacciones. *Ecosistemas* 26:1-9.
- Cotler H. y A. Priego (2007) El análisis del paisaje como base para el manejo integrado de cuencas: el caso de la cuenca Lerma Chapala. In: Cotler H. (compiladora) (2007) *El Manejo Integral de Cuencas en México. Estudios y Reflexiones para orientar la Política Ambiental*. 2 a. edición. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. 348p.
- Dourojeanni A. C. (2009) Los desafíos de la gestión integrada de cuencas y recursos hídricos en América Latina y El Caribe. *DELOS* 3:1-13.
- Dourojeanni A., A. Jouravlev y G. Chávez (2002) *Gestión del Agua a Nivel de Cuencas: Teoría y Práctica*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Martínez M. M., E. Rubio G. y C. Palacios E. (2009) *Terrazas*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Subsecretaría de Desarrollo Rural, Dirección General de Apoyos Para el Desarrollo Rural. Colegio de Postgraduados. 11p.
- Martínez R. S., E. C. Pedro S. y F. Sustaita R. (2001) Recomendaciones técnicas para el manejo sustentable de los recursos florísticos, edáficos e hídricos en la Cuenca Alta del Río Mixteco. *Temas de Ciencia y Tecnología* 5:3-19.
- Martínez R. S., A. Trinidad S., C. Robles, A. Galvis S., T. M. Hernández M., J. A. Santizo R., G. Bautista S., E. C. Pedro S. (2012) Crecimiento y sólidos solubles de *Agave potatorum* Zucc. inducidos por riego y fertilización. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35(1), 61-68.
- Martínez-Ramírez S., A. Trinidad-Santos, G. Bautista-Sánchez y E. C. Pedro-Santos (2013) Crecimiento de plántulas de dos especies de mezcal en función del tipo de suelo y nivel de fertilización. *Revista Fitotecnia Mexicana* 36(4), 387-393.
- Martínez-Ramírez S., G. Bautista-Sánchez, E. C. Pedro-Santos y P. D. Guerrero-Cruz (2014) Crecimiento y contenido de clorofila del maguey mezcalero (*Agave potatorum* Zucc.) en policultivo con maíz y frijol. *Revista Fitotecnia Mexicana* 37(3), 297-304.
- Martínez R. S., E. C. Pedro S., G. Bautista S., F. Sustaita R. y C. Cisneros C. (2015b) *Recolección de Semillas en la Selva Baja Caducifolia, Actividad Esencial Para Restaurar la Riqueza Forestal*. Guía Técnica. Comisión Nacional Forestal, Universidad Tecnológica de la Mixteca. 211p.
- Martínez R. S., M. M. Guzmán P., A. L. Alvarado J., E. C. Pedro S., G. Bautista S., C. Cisneros C. y F. Sustaita R. (2015a) *Germinación de Semillas de Siete Especies Forestales de la Selva Baja Caducifolia, Actividad Esencial para Restaurar la Riqueza Forestal*. Guía Técnica. Comisión Nacional Forestal, Universidad Tecnológica de la Mixteca. 189p.

- Mendieta L. M. y L. R. Rocha M. (2007) *Sistemas Agroforestales*. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 115p.
- Ministerio de Agricultura y Riego (2016) *Priorización de Cuencas para la Gestión de los Recursos Hídricos*. Autoridad Nacional del Agua. Lima, Perú. 135p.
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2014) *Plan Nacional de Cuencas. Programa Plurianual de Gestión Integrada de Recursos Hídricos y Manejo Integral de Cuencas 2013-2017*. La Paz, Bolivia. 174p.
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2017) *Plan Nacional de Cuencas. Programa Plurianual de Gestión Integrada de Recursos Hídricos y Manejo Integral de Cuencas 2013-2017*. La Paz, Bolivia. 208p.
- Montagnini F. (2015) Capítulo 12. Función de los sistemas agroforestales en la adaptación y mitigación del cambio climático. *In: Montagnini F., E. Somarriba, E. Murgueitio, H. Fassola y B. Eibl (2015) Sistemas Agroforestales. Funciones Productivas, Socioeconómicas y Ambientales*. Serie técnica. Informe técnico 402. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Editorial CIPAV, Cali, Colombia, 454p.
- Moreno-Calles A. I., V. M. Toledo y A. Casas (2013) Los sistemas agroforestales tradicionales de México: una aproximación biocultural. *Botanical Sciences* 91:375-398.
- Navarro K. (2018) Gestión del agua: en el ojo del debate público. Agencia Informativa Conacyt. Disponible en: http://newsnet.conacytprensa.mx/media/com_hwdmediashare/files/3a/7e/d9/4cd5451edaeaea7a9b5fbb5081928672.pdf (agosto 2018).
- Ocampo-Fletes I., F. Parra-Inzunza y A. E., Ruiz-Barbosa (2018) Derechos al uso del agua y estrategias de apropiación en la región semiárida de Puebla, México. *Agricultura Sociedad y Desarrollo* 15(1), 63-83.
- Ortuño Y. C. R. (2017) Presentación. *In: Ministerio de Medio Ambiente y Agua. Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (2017). Plan Nacional de Cuencas. Programa Plurianual de Gestión Integrada de Recursos Hídricos y Manejo Integral de Cuencas 2017-2020*. La Paz, Bolivia. 208p.
- Valencia-Vargas J. C. (2015) Desarrollo de la región hidrológica del Balsas mediante la modificación de su veda. *Tecnología y Ciencias del Agua* 6(1), 81-97.
- Vázquez V. A., I. Vázquez R. y C. Vázquez R. (2014) *Cosecha del Agua de Lluvia y su Impacto en el Proceso de Desertificación y Cambio Climático*. Universidad Nacional Agraria La Molina. 186 p.
- Velázquez M. A., A. Gómez G., A. Aldrete y T. Llanfederal O. (2014) *Sistemas Agroforestales Madurables en México*. Comisión Nacional Forestal. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 157p.
- Walter M. B. (2013) El secreto del agua como base para una nueva Tierra. Sanación del ciclo del agua a través de la creación de "Paisajes de Retención de Agua". Disponible en: <https://www.tamera.org/wp-content/uploads/B2-El-Secreto-Del-Agua-Como-Base-Para-Una-Nueva-Tierra-Espanol.pdf> (agosto 2018).

