

## **Propuestas de ordenamiento territorial comunitario con enfoque agroforestal en Xaltepuxtla, Puebla**

Guadalupe Montserrat Valencia-Trejo  
María Edna Álvarez-Sánchez<sup>§</sup>  
Jesús David Gómez-Díaz

Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible-Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México Texcoco km 38.5, Chapingo, Texcoco, Estado de México. CP. 56230.

<sup>§</sup>Autora para correspondencia: Edna.alvarez30@yahoo.com.mx.

### **Resumen**

En la presente investigación se generaron propuestas de reconversión productiva de los sistemas tradicionales de producción de ornamentales a sistemas sostenibles en Xaltepuxtla, Puebla, cuya tierra se dedica al cultivo de plantas de ornato a costa de árboles y arbustos endémicos del bosque mesófilo de montaña. Las propuestas de acciones de manejo y de proyectos detonadores de cambio están basadas en el interés de los productores y el potencial de las unidades de tierras, alineándolas a las necesidades de atención indicadas por el gobierno de Puebla y dependencias federales. Las propuestas consideran enriquecimiento de acahuals, producción de especies nativas como helechos y reforestación con especies de interés comercial, así como producción y aprovechamiento de orquídeas y bromelias, producción de bambú, toronja, granada china y aguacate, para los cuales se determinaron las formas del terreno, inventarios de carbono orgánico en el suelo, el piso forestal y de la biomasa aérea incluyendo herbáceas, arbustos y árboles. En la unidad que se propone el establecimiento de un módulo de producción de tilapia se definieron las áreas propicias para la construcción de estanques y la disponibilidad de agua corriente, a la cual se determinaron los diferentes parámetros al agua y se encontró que es apta para este propósito. Para el establecimiento de un módulo de producción de miel con meliponas se ubicó el lugar con protección y sombra para este propósito y en el proyecto de mejoramiento de un módulo de producción de hongo seta se ubicó el área para la construcción del cobertizo.

**Palabras claves:** cartografía participativa, diagnóstico biofísico, reconversión productiva, zonificación agroecológica.

Recibido: noviembre de 2019

Aceptado: febrero de 2020

## Introducción

El diagnóstico biofísico dentro del ordenamiento territorial comunitario (Cordón *et al.*, 2008) permite conocer los elementos bióticos, abióticos y fisiográficos que se interrelacionan en un medio natural. Es un requisito indispensable para planificar el ordenamiento y sostenibilidad de los recursos naturales, además, permite identificar las potencialidades y limitaciones de sus recursos en beneficio de los pobladores que habitan el área. Previo al diagnóstico biofísico, de acuerdo con la metodología de ordenamiento territorial comunitario (CONAFOR, 2007) modificada para aplicarse a nivel predio, deben desarrollarse dos etapas: el taller participativo y la identificación de sistemas bioproductivos a intervenir (Valencia-Trejo, 2020).

Xaltepuxtla es una comunidad de origen nahua y totonaco, cuya tierra se dedica al cultivo de plantas de ornato a costa de árboles y arbustos endémicos del bosque mesófilo de montaña (BMM). Éste se encuentra fragmentado, degradado y con menor riqueza, existe saqueo de leña, hongos y plantas, contaminación de cuerpos de agua, afectación por tuzas, muérdago y malas prácticas de manejo como quemadas de rastrojo, así como la extracción de plantas con banco de tierra.

Los resultados del taller participativo indicaron que el cultivo de plantas de ornato tradicional ya no es rentable, la mayoría de los propietarios son adultos mayores, hay abandono de parcelas y recursos insuficientes en el eslabón productivo (Valencia-Trejo, 2020). La caracterización biofísica de la zona de estudio indicó que 49% de la superficie se dedica a la producción de ornamentales, 22% se destinará a la restauración con especies del BMM y 8% tiene potencial para tecnologías agroforestales. A partir, de estos estudios, la presente investigación tuvo como objetivo generar propuestas de reconversión productiva de los sistemas tradicionales de producción de ornamentales a sistemas sostenibles mediante la aplicación de tecnologías agroforestales en Xaltepuxtla, Puebla.

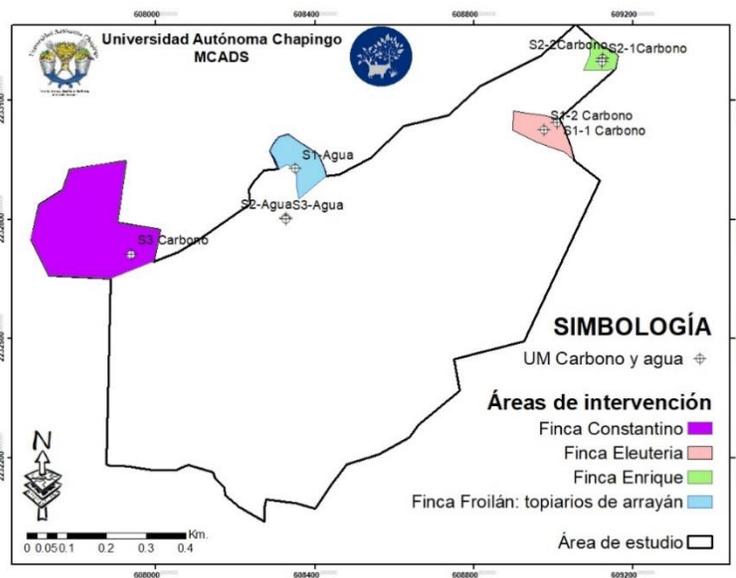
## Materiales y métodos

De acuerdo con la zonificación de las áreas asignadas por los productores para iniciar la reconversión productiva dentro de sus predios (Valencia-Trejo, 2020). Se realizaron recorridos de campo de las áreas a intervenir para valorar la calidad del recurso agua para evaluar su potencial para la producción de tilapia, de las especies vegetales presentes para la producción de especies nativas e inventario de carbono. En el Cuadro 1, se describe el tipo de muestreo aplicado a cada predio, actividades realizadas y su ubicación (Figura 1). Para la Finca Cuctenco, el muestreo de agua se realizó en tres sitios. S1 (estanque piso de tierra), S2 (estanque piso de cemento), S3 (río, punto de abastecimiento de los estanques), con tres repeticiones por sitio.

**Cuadro 1. Muestreo biofísico de los predios.**

Finca	Propietario	Muestreo/actividad	Unidad de muestreo (UM)
Xoxocotla	Eleuteria Salas Vázquez	Inventario de carbono	S1-1
			S1-2
Xoxocotla	Enrique Salas Eslaba	Inventario de carbono	S2-1
			S2-2
Ocotitla	José Luis Gutiérrez Castelán	Muestreo de orquídeas y bromelias	

Finca	Propietario	Muestreo/actividad	Unidad de muestreo (UM)
Cucpanco	José Luis Gutiérrez Castelán	Geoposicionamiento de las áreas (cultivo de hongo seta y meliponas)	
Cuctenco	Froilán Salas Vázquez	Agua	S1 S2 S3
La Hortencia-Calistemo	Constantino Salas Vázquez	Inventario de carbono	S3



**Figura 1. Unidades del muestreo biofísico.**

Estas muestras fueron conservadas en frío para el análisis de las propiedades químicas: pH, CE, sólidos totales, P (método de Molibdato-Vanadato de amonio), K (flamometría), Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn (absorción atómica), S (turbidimetría), B (Azometina-H) de acuerdo con las metodologías indicadas por Álvarez-Sánchez y Marín-Campos (2015), turbiedad (nefelométrico) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) mediante el método yodométrico (Normas Mexicanas NMX-AA-028-SCFI-2001 y NMX-AA-038-SCFI-2001). En los predios Xoxocotla y Hortencia-Calistemo se realizó el inventario de los reservorios de carbono de acuerdo con la metodología propuesta por el (IPCC, 2006; IPCC, 2007) en tres componentes: a) biomasa viva de árboles, arbustos y herbáceas; b) materia orgánica muerta constituida por ramas caídas y hojarasca; y c) materia orgánica del suelo contenida a profundidades de 0-6, 6-12, 12-18, 18-24 cm.

Con la finalidad de reafirmar y obtener más información de las áreas a intervenir en cada predio, se realizó una entrevista semiestructurada con cada productor participante denominada plan de finca (Palma y Cruz, 2010), en la cual se consideró la información general de la finca, edad del productor, visión, situación actual, mano de obra disponible, actividades productivas, limitaciones, oportunidades, acciones/proyectos a seguir y financiamiento.

## Resultados y discusión

### Características de los recursos de las áreas de reconversión

Con base a los resultados del mapeo participativo recorridos de campo y geoposicionamiento de las fincas (Valencia-Trejo, 2020), se generó el mapa de áreas de reconversión productiva y proyectos detonadores de cambio (Figura 2).

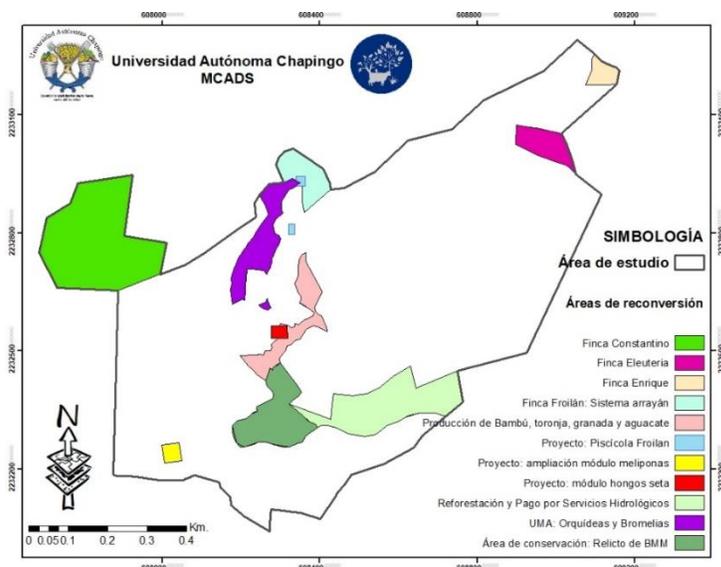


Figura 2. Mapa de áreas de reconversión y proyectos detonadores de cambio.

### Calidad del agua para la producción de tilapia (*Oreochromis niloticus*)

El crecimiento y reproducción de peces depende de la calidad del agua, para ello, es necesario mantener las condiciones físico-químicas dentro de los límites de tolerancia para la especie (Bautista y Ruiz, 2011). La calidad está determinada por temperatura, oxígeno, pH y transparencia (Saavedra, 2003). Los parámetros fisicoquímicos recomendados se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Parámetros fisicoquímicos recomendados para el cultivo de tilapia.

Parámetros	Óptimo	Límites
Temperatura	24 °C-29 °C	< 22 < 32 °C
Oxígeno disuelto	< 5 mg L <sup>-1</sup>	> 3 mg L <sup>-1</sup>
pH	7.5	< 6.5 - ≤ 8.5
CO <sub>2</sub>	< 30 mg L <sup>-1</sup>	< 50 mg L <sup>-1</sup>
Amonio	0.1 mg L <sup>-1</sup>	< 0.1 mg L <sup>-1</sup>
Nitritos	4.6 mg L <sup>-1</sup>	< 5 mg L <sup>-1</sup>
Salinidad	0.024 mg L <sup>-1</sup>	
Turbidez	25 UNT	< 30 UNT

Parámetros	Óptimo	Límites
		Rango
Alcalinidad total		50-150 mg L <sup>-1</sup>
Dureza total		80-110 mg L <sup>-1</sup>
Calcio		60-120 mg L <sup>-1</sup>
Nitratos		1.5-2 mg L <sup>-1</sup>
Hierro		0.05-0.2 mg L <sup>-1</sup>
Fosfatos		0.15-0.2 mg L <sup>-1</sup>
Sulfuro de hidrógeno		0.01 mg L <sup>-1</sup>

Saavedra, 2003; SAGARPA, 2012. UNT= unidades nefelométricas de turbiedad.

El análisis de agua en la finca mostró un pH óptimo, sin problema de sales, la conductividad eléctrica es baja, los sólidos solubles totales (SST) para el sitio 1 y 3 son de calidad de agua excelente, clase de excepción, el sitio 2 presenta buena calidad, aguas superficiales con bajo contenido de sólidos suspendidos, generalmente condiciones naturales, favorece la conservación de comunidades acuáticas y el riego agrícola irrestricto. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), es un parámetro indispensable para determinar el estado o la calidad de agua en ríos, lagos, lagunas o efluentes. Éste indica agua no contaminada de excelente calidad en los sitios 1 y 2. En el caso del sitio 3 la calidad de agua es buena, aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable. La turbidez está en el rango óptimo en todos los sitios, menor de 25 UNT.

De acuerdo con la clasificación de dureza de la OMS, los tres sitios se encuentran en el intervalo de 0-60 mg L<sup>-1</sup> de carbonato de calcio, clasificadas como aguas blandas; bajo contenido de calcio y magnesio (OMS, 2006) con rango óptimo de dureza para el cultivo de peces (20 a 350 mg L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>, (Meyer, 2004) en el sitio 2. Para el sitio 1, se recomienda el encalado del estanque (Arboleda, 2006). No hay contaminación por metales pesados, zinc, manganeso y cobre se encontraron en trazas en todos los sitios; sin embargo, el hierro en el sitio 1 presenta valores mayores a lo recomendado (Cuadro 3). Para solventar esta limitante será necesario el filtrado del agua a través de zeolita (Petkova, 2013).

**Cuadro 3. Valores promedio de las variables del análisis físico-químico de aguas.**

Sitio	pH	CE	SST	DBO <sub>5</sub>	Turbidez	P-PO <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	CaCO <sub>3</sub>	S-SO <sub>4</sub>	Fe
		(μS cm <sup>-1</sup> )	(ppm)	(mg O <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> )	UNT						(mg L <sup>-1</sup> )	
S1	6.53	13.28	5.9	2.63	11	2.94	0.3	0.96	0.34	3.8	0	0.37
s	0.03	0.31	0.15	0.44	0	0	0.02	0.01	0	0.02	0	0.02
S2	7.02	58.97	29.4	2.23	2	2.94	0.6	7.2	0.74	21.88	0	0.04
s	0.06	0.81	0.72	0.25	0	0	0.01	0.52	0	0.48	0	0.01
S3	6.8	13.74	7.1	3.12	11	1.47	0.33	0.97	0.3	3.7	2.83	0.09
s	0.06	0.07	0.15	0.18	0	0	0.01	0.02	0	0.07	0.58	0.01

SST= sólidos suspendidos, ≤25 calidad de agua excelente, clase de excepción (SEMARNAT, 2012). SST 25< SST≤ 75 buena calidad, aguas superficiales con bajo contenido de sólidos suspendidos, generalmente condiciones naturales. Favorece la conservación de comunidades acuáticas y el riego agrícola irrestricto (SEMARNAT, 2012). DBO<sub>5</sub> ≤3 calidad de agua excelente, no contaminada (SEMARNAT, 2012); 3< DBO<sub>5</sub> ≤6 buena calidad de agua, aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable (SEMARNAT, 2012). UNT= unidades nefelométricas de turbiedad. s = desviación estándar.

## Almacenes de carbono

En el Cuadro 4 se muestra el carbono presente en mantillo, leñosas, hojarasca y herbáceas de las áreas de los predios destinadas al enriquecimiento de acahuales y reproducción de especies nativas, como proyectos de reconversión productiva. El sitio (S3) Acahual Finca la Hortencia-Calistemo presentó 0.88 Mg ha<sup>-1</sup> C en hojarasca y 9.25 Mg ha<sup>-1</sup> C en mantillo. El sitio (S2-1) Acahual 1 Finca Xoxocotla con 1.82 Mg ha C en hojarasca y 1.65 Mg ha<sup>-1</sup> en mantillo.

**Cuadro 4. Carbono en piso forestal: mantillo, leñosas secas, hojarasca y biomasa aérea de herbáceas.**

UM	Componente	Peso (g)	Biomasa (Mg ha <sup>-1</sup> )	C (%)	Referencia	Carbono (Mg ha <sup>-1</sup> )
S2-1	Mantillo	588.13	5.88	28	(Gómez <i>et al.</i> , 2012)	1.65
S2-1	Leñosas	121.84	1.22	50	(Gómez, 2008)	0.61
S2-1	Hojarasca	454.42	4.54	40	(Gómez, 2008)	1.82
S2-1	Herbáceas	29.22	0.29	40	(De la Cruz-Osorio, 2015)	0.12
S3	Mantillo	3302.69	33.03	28	(Gómez <i>et al.</i> , 2012)	9.25
S3	Hojarasca	219.75	2.20	40	(Gómez, 2008)	0.88
S3	Leñosas	192.03	1.92	50	(Gómez, 2008)	0.96

S2-1= acahual Finca Xoxocotla-Enrique; S3= acahual Finca la Hortencia-Calistemo.

El estudio de almacenes de carbono realizado por Ruiz (2016) en los sistemas de cultivo de ornamentales tradicionales y un relicto de BMM en Xaltepuxtla, en el sistema BMM estimó contenidos de carbono en hojarasca de 0.63 Mg ha<sup>-1</sup> y 1.09 Mg ha<sup>-1</sup> en mantillo. Estos resultados indican que fueron necesarios 20 años de descanso de los terrenos para permitir la resiliencia de los sitios en cuanto a carbono. Cabe destacar, S3 de la Finca la Hortencia-Calistemo con una acumulación alta de mantillo (9.25 Mg ha<sup>-1</sup>), se debe a que las especies arbóreas dominantes son pinos y encinos los cuales aportan una gran cantidad hojarasca (ocochal) por su gran capacidad de captura de carbono. Este valor alto de mantillo es congruente con el reportado por Rodríguez-Laguna (2009) cuantificado en 9.88 Mg ha<sup>-1</sup> en bosques de pino-encino. El mantillo constituye uno de los principales almacenes de carbono y elementos minerales en el suelo de algunos ecosistemas (Vogt *et al.*, 1986) es un indicador clave del flujo de energía y circulación de nutrientes dentro del ecosistema.

Los reservorios de carbono en arbóreas en el sitio S2-1= acahual Finca Xoxocotla-Enrique presentan 6.64 Mg ha<sup>-1</sup> de carbono (Cuadro 5) en tanto que en el Sitio 3 (S3= acahual Finca la Hortencia-Calistemo) el carbono fue de 143.95 Mg ha<sup>-1</sup> de carbono (Cuadro 6). La diferencia se explica por las características del acahual, mientras que en el sitio S2-1 las especies son jóvenes con un D (diámetro normal con corteza) menor a 20 cm, predominando incluso los D menores a 10 cm, a diferencia con el sitio S3 donde se tienen especies como el ocote (*Pinus* sp.) con D de 30 cm. Los acahuales tienen un potencial de captura y reservorio de carbono importante, en relación con la vegetación primaria en menor lapso; por lo que, si se siguen manteniendo hacia etapas avanzadas de sucesión, pueden ser una alternativa de vegetación estable que genere servicios ambientales de captura de carbono y biodiversidad (García-Domínguez *et al.*, 2018).

**Cuadro 5. Carbono de la biomasa viva (árboles) sitio S2-1= acahual Finca Xoxocotla-Enrique.**

Nombre científico	Altura (m)	D (cm)	Biomasa (Ec. Y) (kg)	Biomasa (Mg ha <sup>-1</sup> )	Carbono (Mg ha <sup>-1</sup> )
<i>Heliocarpus appendiculatus</i> Turcz.	13	11.46	57.19	1.43	0.71
<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	16	18.46	191.75	4.79	2.4
<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	12	13.05	79.62	1.99	1
<i>Heliocarpus appendiculatus</i> Turcz.	8	8.59	27.44	0.69	0.34
<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	7	8.28	24.92	0.62	0.31
<i>Ricinus communis</i> L.	5	1.11	0.13	0	0
<i>Rhamnus</i> sp.	3	1.27	0.19	0	0
<i>Ricinus communis</i> L.	4	3.82	3.4	0.08	0.04
<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	7	6.68	14.41	0.36	0.18
<i>Ricinus communis</i> L.	3	4.14	4.18	0.1	0.05
<i>Clethra lanata</i> M. Martens & Galeotti	10	7.96	22.53	0.56	0.28
<i>Ricinus communis</i> L.	8	1.27	0.19	0	0
<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	15	12.73	74.78	1.87	0.93
<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	9	8.91	30.12	0.75	0.38
<b>Total</b>				<b>13.27</b>	<b>6.64</b>

Biomasa estimada:  $Y = \text{EXP}\{-2.289 + [2.649][\text{LN}(\text{DN})] - [0.021][\text{LN}(\text{DN})]^2\}$  (Brown, 1997). D= diámetro normal con corteza.

**Cuadro 6. Carbono de la biomasa viva (árboles), S3= acahual Finca la Hortencia-Calistemo.**

Nombre científico	Altura (m)	D (cm)	Biomasa (Ec. Y) (kg)	Biomasa (Mg ha <sup>-1</sup> )	Carbono (Mg ha <sup>-1</sup> )
<i>Clethra lanata</i> M. Martens & Galeotti	12	22.76	325.05	8.13	4.06
<i>Clethra lanata</i> M. Martens & Galeotti	10	24.51	391.68	9.79	4.9
<i>Psidium guajava</i> L.	6	18.94	204.53	5.11	2.56
<i>Pinus</i> sp.	30	92.31	10594.69	264.87	132.43
<b>Total</b>				<b>287.9</b>	<b>143.95</b>

Biomasa estimada:  $Y = \text{EXP}\{-2.289 + [2.649][\text{LN}(\text{DN})] - [0.021][\text{LN}(\text{DN})]^2\}$  (Brown, 1997). D= diámetro normal con corteza.

### Carbono orgánico en suelos (COS)

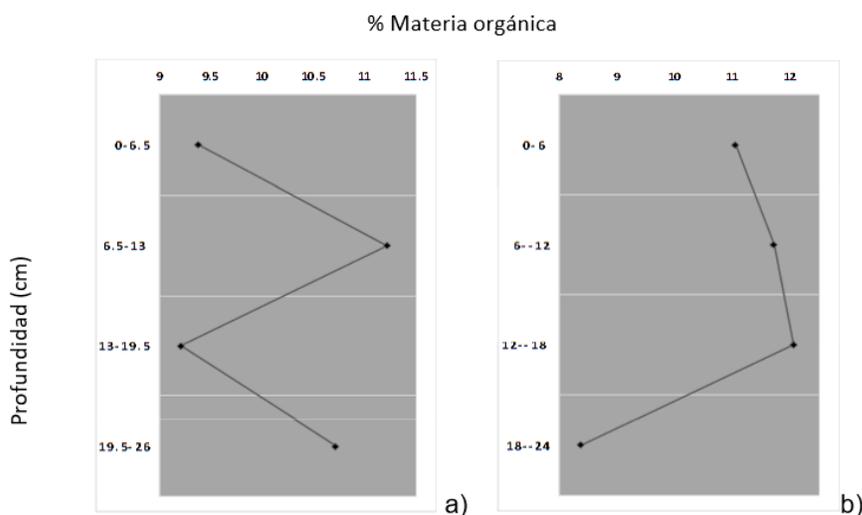
En el (Cuadro 7) se presenta el COS de la Finca Xoxocotla en los sitios S1-1 (sistemas de cedrela en reconversión productiva 1) y S1-2 (sistemas de cedrela en reconversión productiva 2); así como en los acahuals (S2-1 y S2-2). El sitio S1-1 presentó el mayor valor de COS en la profundidad de 0-26 cm (230.33 Mg ha<sup>-1</sup>) en este sitio se ha generado mucho COS debido a las podas frecuentes para el cultivo de cedrela, estos resultados son consistentes con el estudio de carbono de Ruiz (2016) en los sistemas bioproductivos de Xaltepuxtla para el sistema mixto de ornamentales que incluye cedrela (243.24 Mg ha<sup>-1</sup>) en los primeros 30 cm de profundidad.

**Cuadro 7. Carbono orgánico en suelo (COS) en la Finca Xoxocotla.**

UM	Profundidad	MO (%)	Da (g cm <sup>-3</sup> )	COS (Mg ha <sup>-1</sup> )	COS (Mg ha <sup>-1</sup> )
S1-1	0-6.5	9.38	0.66	40.27	
S1-1	6.5-13	11.22	0.86	62.7	
S1-1	13-19.5	9.21	0.99	59.24	
S1-1	19.5-26	10.72	0.98	68.12	230.3
S1-2	0-6	11.055	0.62	41.12	
S1-2	6-12	11.725	0.73	51.26	
S1-2	12-18	12.06	0.79	56.95	
S1-2	18-24	8.375	0.74	37.23	186.6
S2-1	0-6	11.055	0.59	39.39	
S2-1	6-12	11.89	0.67	47.92	
S2-1	12-18	10.854	0.84	54.89	
S2-1	18-24	11.055	0.84	55.88	198.1
S2-2	0-6	9.715	0.4	23.56	
S2-2	6-12	8.54	0.8	41.13	
S2-2	12-18	9.38	0.71	40.14	
S2-2	18-24	8.71	0.75	39.39	144.2

S1-1= sistema 1 cedera en reconversión productiva Finca Xoxocotla-Eleuteria; S1-2=sistema 2 cedera en reconversión productiva Finca Xoxocotla-Eleuteria; S2-1= acahual 1 Finca Xoxocotla-Enrique; S2-2= acahual 2 Finca Xoxocotla-Enrique. Da= densidad aparente.

El COS en el S2-1 en la profundidad de 0-26 cm fue de 198.08 Mg ha<sup>-1</sup> y el acahual S2-2 el valor más bajo (144.21 Mg ha<sup>-1</sup>). Si bien estos terrenos han permanecido en descanso durante veinte años, las variaciones en COS a la profundidad de 26 cm son bajas (menores a 3%), manteniéndose en rangos 8.37 a 12.06% de materia orgánica del suelo (Figura 3a, 3b y Figura 3c y 3d). Estas variaciones pueden asociarse a la topografía y manejo del suelo dentro del sistema bioproductivo. De acuerdo con Ruiz (2016) las topografías con pendiente igual o mayor al 15% y el uso de azadón son determinantes en el deterioro del suelo y en consecuencia en la pérdida de carbono.



**Figura 3. Distribución del porcentaje de materia orgánica de la Finca (Xoxocotla-Eleuteria); a) S1-1; y b) S1-2.**

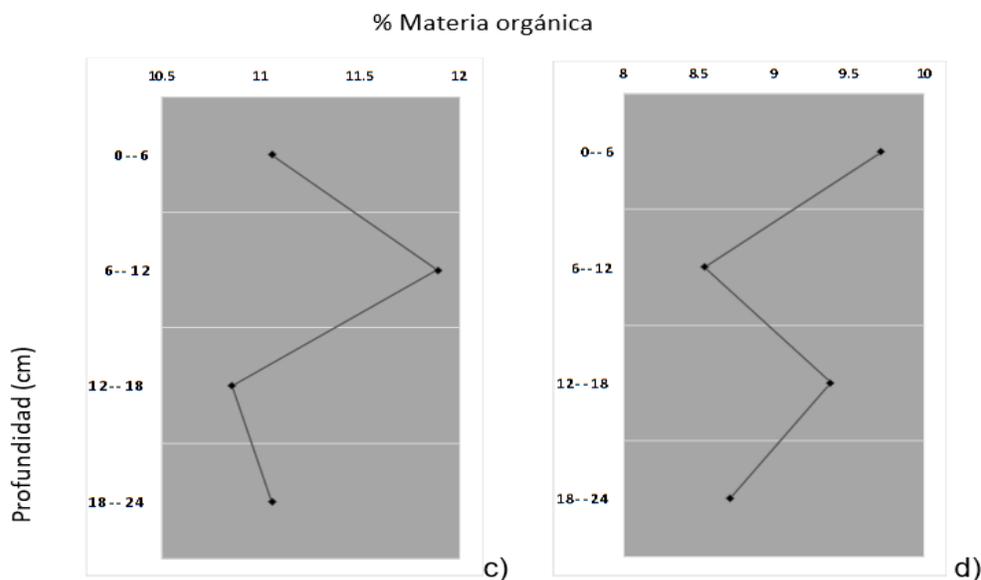


Figura 3. Distribución del porcentaje de materia orgánica en la Finca (Xoxocotla-Enrique); c) S2-1; y d) S2-2.

Los Andosoles, son los suelos con mayor capacidad de almacenar carbono debido al contenido de alofano que forma complejos con la materia orgánica protegiéndola de la oxidación (Galicía *et al.*, 2016), por tanto, los valores reportados en las Figura 3 son los esperados para este tipo de suelo.

### Acciones de manejo

La propuesta de acciones de manejo y de proyectos detonadores de cambio, si bien se derivan del interés de los productores y el potencial de la finca para un sistema productivo determinado, es relevante contar con el financiamiento para el logro de la intervención tecnológica. Las reconversiones productivas deben estar alineadas con las necesidades de atención indicadas por el sector agrícola y pecuario del estado, en este caso del gobierno de Puebla y dependencias federales como la CONANP. A continuación, se discuten las propuestas de manejo por finca.

### Fincas Xoxocotla y la Hortencia-Calistemo

La escasez de mercado y baja rentabilidad de los sistemas de producción de ornamentales, han obligado a los productores a dejar en descanso terrenos de cultivo, convirtiéndose en acahuales. La CONANP dentro de sus programas de apoyo a la comunidad, subvenciona proyectos de enriquecimiento de acahuales a partir de la restauración con especies maderables nativas del BMM, mismas que deben tener tanto el propósito de restauración del ecosistema como de usos múltiples de interés para los productores. Para esta zona quedaron incluidas: *Alnus acuminata*, *Platanus mexicana*, *Heliocarpus appendiculatus*, *Fraxinus uhdei* y *Casimiroa edulis* de tal manera que resulte atractivo como objetivo de manejo en el corto, mediano y largo plazo (Arévalo, 2018). Otras especies que pueden incluirse son *Pinus pseudostrobus*., *Quercus* sp. y *Liquidambar styraciflua* L.

Dentro del enriquecimiento de acahuales, se incluyen tecnologías como cercos vivos, barreras vivas y el manejo de especies no maderables, de interés económico como la producción del hongo nativo *Entoloma avortibum* conocido como totolcozcatl (Mateo, 2018), reproducción de orquídeas,

bromelias y del helecho arborescente (*Cyathea salvinii*), especies gran valor económico y ecológico. En el mediano plazo, esta restauración puede aspirar al pago por servicios ambientales auspiciados por CONAFOR.

### **Producción de especies nativas**

A través, de unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMAS) de helecho arborescente (*Cyathea salvinii*), bromelias y orquídeas. Los productores de los predios Xoxocotla y Ocotitla consideraron estos proyectos.

### **Ampliación del módulo de meliponas**

Las abejas sin aguijón (*Scaptotrigona mexicana*) en la Sierra Norte de Puebla han sido explotadas en forma doméstica para obtener su miel y cera (Ayala, 1999). Son de valor incalculable los beneficios que proporcionan estas abejas como elemento estabilizador del entorno ecológico a través de la polinización de las comunidades vegetales.

### **Mejoramiento y ampliación de módulo de producción de hongo seta (*Pleurotus ostreatus*)**

El grupo de productores compuesto principalmente de medieros ya ha iniciado con este proyecto, sin embargo, la adecuación y ampliación del módulo de producción, la producción de inóculo y la búsqueda de sustratos económicos apropiados requiere de inversión.

### **Producción de tilapia**

Si bien la disponibilidad y calidad del recurso agua posibilita esta actividad piscícola, el financiamiento es indispensable. En 2019 estas propuestas no contaron con apoyo por la CONANP ni por el gobierno del estado, por tanto, proyectos alternativos deben tenerse presentes.

### **Delimitación del área de producción alternativa**

Se recomiendan las siguientes especies con potencial económico para la zona: bambú (*Phyllostachys aurea*), toronja (*Citrus paradisi*), granada (*Passiflora ligularis*) y aguacate criollo (*Persea sp.*). Las propuestas de proyecto de reconversión generadas a principios de 2019 fueron gestionadas por la UACH ante la CONANP; sin embargo, no hubo recursos para el financiamiento de dichos proyectos. Ante esta situación se recomienda estar atentos a las convocatorias de SADER, SEMARNAT, CONANP, INPI para acceder a recursos. Será necesaria la gestión de financiamiento a través de una asociación civil donataria autorizada ante Fundación Ford, Fomento Social Banamex, Root capital y Peace corps.

## **Conclusiones**

Las propuestas de reconversión productiva de los sistemas tradicionales de producción de ornamentales a sistemas sostenibles para beneficio de los pobladores y de sus recursos naturales deben fundamentarse en las condiciones biofísica, visión de los productores e intervención de los investigadores. Si bien, el financiamiento estatal y federal resulta indispensable para la implementación de dichos proyectos, la capacidad de manejo de los productores limita las áreas de reconversión a superficies relativamente pequeñas dentro de la finca.

## Literatura citada

- Álvarez-Sánchez, M. E. y Marín-Campos, A. 2015. Manual de procedimientos analíticos de suelo y planta. Laboratorio de Química. Departamento de Suelos. Chapingo, Estado de México. 82 p.
- Arboleda-Obregón, D. A. 2006. Limnología aplicada a la acuicultura. REDVET. Rev. Electr. Veterinaria. 7(11):1-24.
- Ayala, R. 1999. Revisión de las abejas sin aguijón de México. Folia Entomológica. 106:1-123.
- Bautista-Covarrubias, J. C. y Ruiz-Velazco, A. J. M. de J. 2011. Calidad de agua para el cultivo de Tilapia en tanques de geomembrana. Rev. Fuente. 3(8):10-14.
- Brown, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests Forestry. Paper 134. (FAO). Roma, Italia. 57 p. <http://www.fao.org/3/w4095e/w4095e00.htm#Contents>.
- CONAFOR. 2007. Ordenamiento territorial comunitario (OTC). Manual básico. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). México. Gerencia de Silvicultura Comunitaria. 63 p.
- Cordón-Suárez, U.; Johnson, W. y Cordón-Suárez, E. 2008. Diagnóstico biofísico y socioeconómico de la cuenca Bilwi Tingni, Puerto Cabezas, RAAN. Cienc. e Interc. 2:28-43.
- De la Cruz-Ororio, J. C. 2015. Almacenes de carbono asociados a diferentes unidades del paisaje en el Centro Regional Universitario Oriente. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). 156 p.
- Galicia, L.; Gamboa-Cáceres, M. A.; Cram, S.; Chávez-Vergara, B.; Peña-Ramírez, V.; Saynes, V. y Siebe, C. 2016. Almacén y dinámica del carbono orgánico del suelo en bosques templados de México. Terra Latinoam. 34(1):1-29.
- García-Domínguez, A.; Cámara-Cabrales, L. D. C.; Van der Wal, J. C. y Martínez-Zurimendi, P. 2018. Biomasa en acahuales de tres unidades ecogeográficas del estado de Tabasco. Rev. Mex. Cienc. Forest. 9(48):69-91.
- Gómez, D. J. D. 2008. Determinación de los almacenes de carbono en los compartimentos aéreo y subterráneo de dos tipos de vegetación en la reserva de la biosfera “sierra de Huautla”, Morelos, México. Colegio de Postgraduados. Tesis Doctorado en Ciencias. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 194 p.
- Gómez-Díaz, J. D.; Monterroso-Rivas, A. I.; Tinoco-Rueda, J. A. y Etchevers-Barra, J. D. 2012. Almacenes de carbono en el piso forestal de dos tipos de bosque. Terra Latinoam. 30(3):177-187.
- IPCC. 2006. Metodologías genéricas aplicables a múltiples categorías de uso de la tierra. *In*: directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Eggleston, H. S.; Buendia, L.; Miwa, K.; Ngara, T. y Tanabe, K. (Eds.). IGES, Japón. 6-56 pp.
- IPCC. 2007. Summary for policymakers. *In*: Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Qin, S. S. D.; Manning, M.; Chen Z.; Marquis, M.; Averyt, K. B.; Tignor, M. and Miller, H. L. (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg1-spm-1.pdf>
- Meyer, D. 2004. Introducción acuicultura. escuela agrícola panamericana. Zamorano, Honduras. 159 p.

- OMS. 2006. Hojas de información sobre sustancias químicas. Guías para calidad del agua potable: Organización Mundial de la Salud. 243-362 pp.
- Palma, E. y Cruz, J. 2010. ¿Cómo elaborar un plan de finca de manera sencilla?. Turrialba, Costa Rica-CATIE. Serie técnica. Manual técnico núm. 96. 52 p.
- Petkova, V. 2013. Uso de zeolitas naturales en la remoción de manganeso. Ingeniería Hidráulica en México. 12(3):41-49.
- Ruiz, M. S. 2016. Calidad del suelo en sistemas de producción tradicionales y con tecnologías agroforestales en Xaltepuxtla, Puebla. Tesis de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Chapingo, Estado de México. 124 p.
- Saavedra, M. A. 2003. Introducción al Cultivo de Tilapia. Coordinación de Acuicultura, Departamento de Ciencias Ambientales y Agrarias, Facultad de Ciencia, Tecnología y Ambiente. Universidad Centroamericana. Managua, Nicaragua. 47 p.
- SEMARNAT. 2012. Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores clave y de desempeño ambiental. Edición 2012. México. 2013. 257-292 pp.
- Valencia-Trejo, G. M. 2020. Ordenamiento ecológico territorial con enfoque agroforestal en Xaltepuxtla, Puebla. Tesis de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Chapingo, Estado de México. 83 p.
- Vogt, K. A.; Grier, C. C. and Vogt, D. J. 1986. Production, turnover and nutrient dynamics of above-ground detritus of world forest. Adv. Ecol. Res. 15:303-307.