

# Biophysical characterization for community territorial planning with an agroforestral approach in Xaltepuxtla, Puebla, Mexico

## Caracterización biofísica para el ordenamiento territorial comunitario con enfoque agroforestal en Xaltepuxtla, Puebla, México

Valencia-Trejo G. M.<sup>1</sup>, Álvarez-Sánchez M. E.<sup>1</sup>, Gómez-Díaz J. D.<sup>1\*</sup>, Cetina-Alcalá V. M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Postgrado en Ciencias Forestales.

\*Autor de correspondencia: dgomez1059@yahoo.com.mx

### ABSTRACT

**Objective:** determine the bioproductive systems in Xaltepuxtla, Puebla, Mexico, and identify limitations and potential to influence detonating change projects that favor biodiversity, productive capacity and family economy.

**Design/methodology/approach:** based on the construction of a Geographic Information System, the biophysical information and the participatory workshop were analyzed, corroborating with field trips in the different bioproductive units. This methodology corresponds to the first phase for the proposal of the Community Territorial Planning.

**Results:** 49% of the surface under study is dedicated to the production of ornamentals, 22% of the surface for the restoration of BMM and 8% has potential for agroforestry technology: enrichment of acahuals. 35 bioproductive systems were identified. The system with the largest area is the one for reforestation with 8 hectares, followed by the secondary Mesophilic Mountain Forest located in a volcanic apparatus with 7.5 hectares and the Mixed Ornamental System on steep slopes with 5.5 hectares.

**Limitations/implications:** the delimitation of bioproductive units based on the mapping of geofoms, land use and vegetation and climate are key to the regionalization of the territory and the generation of proposals for productive reconversion at the farm level.

**Findings/conclusions:** it is vitally important to locate bioproductive systems within a territory to achieve the process of land use planning in relation to natural resources, their population and productive activity in order to achieve productive balance and conservation in the medium and long term.

**Keywords:** bioproductive units, Mountain Mesophilic Forest, acahual, ornamental systems.

### RESUMEN

**Objetivo:** determinar los sistemas bioprodutivos en Xaltepuxtla, Puebla, México, e identificar limitantes y potencialidades para incidir en proyectos detonadores de cambio que favorezcan la biodiversidad, capacidad productiva y economía familiar.

**Diseño/metodología/aproximación:** a partir de la construcción de un Sistema de Información Geográfica se analizó la información biofísica y del taller participativo, corroborándose con recorridos de campo en las diferentes unidades bioprodutivas. Esta metodología corresponde a la primera fase para la propuesta del Ordenamiento Territorial Comunitario (OTC).

**Agroproductividad:** Vol. 13, Núm. 7, julio. 2020. pp: 37-43.

**Recibido:** octubre, 2019. **Aceptado:** mayo, 2020.

**Resultados:** el 49% de la superficie en estudio se dedica a la producción de ornamentales, el 22% de la superficie a la restauración del BMM y el 8% tiene potencial para la tecnología agroforestal: enriquecimiento de acahual. Se identificaron 35 sistemas bioproductivos. El sistema con mayor superficie es el destinado a la reforestación con 8 hectáreas, seguido del Bosque Mesófilo de Montaña secundario ubicado en aparato volcánico con 7.5 ha, y del Sistema Mixto de Ornamentales en laderas escarpadas con 5.5 ha.

**Limitaciones/implicaciones:** la delimitación de las unidades bioproductivas a partir del mapeo de geoformas, uso de suelo y vegetación y clima son clave para la regionalización del territorio y la generación de propuestas de reconversión productiva a nivel finca.

**Hallazgos/conclusiones:** es de vital importancia ubicar los sistemas bioproductivos dentro de un territorio para lograr el proceso de planificación de los usos de suelo en relación con los recursos naturales, su población y actividad productiva a fin de lograr el equilibrio productivo y la conservación en el mediano y largo plazo.

**Palabras clave:** unidades-bioproductivas, Bosque Mesófilo de Montaña, acahual, sistemas de ornamentales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se basa en la metodología de OTC (CONAFOR, 2007) cuyas primeras fases (recorridos de campo y talleres participativos) se detallan en Valencia *et al.* (2019). La caracterización de las unidades bioproductivas se realizó con base en la metodología propuesta por Gómez-Díaz (2008) con modificaciones para el presente estudio, a partir de un Sistema de Información Geográfica generado en el software libre QGIS 2.14, retomando la poligonal estudiada por Ruiz (2016), ampliándose en octubre de 2018 se determinaron los límites, con recorridos de campo y georreferencia con un Geoposicionador Global (GPS) modelo Garmin.

El área de estudio se encuentra en la parte noroeste de Puebla (Figura 1) en la Región denominada: "Sierra Norte", Región Hidrológica No. 27 "Tuxpan-Nautla", Cuenca del río Teocolutla (RH27B) y Subcuenca del río Necaxa (RH27Bb) (UACH-INECOL, 2002), además pertenece al Área de Protección de Recursos Naturales "Zona Protectora Forestal Vedada Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa" (CONANP, 2013).

## INTRODUCCIÓN

La caracterización implica desarrollar una descripción detallada y actualizada de la comunidad que estará sujeta al proceso de Ordenamiento Territorial Comunitario, considerando los aspectos ambientales, sociales y económicos (CONAFOR, 2007). El Sistema Biofísico lo conforman los recursos naturales y el ambiente. Estudia integralmente la naturaleza y los elementos que en síntesis dan origen al paisaje o unidad de análisis, resultado de la interacción de factores y procesos como clima, agua, rocas, relieve, tipo de suelo, vegetación, fauna, cultivos, temperatura, infraestructura, población y las amenazas naturales (Otero, García, Solano, & Castillo, 1998). La regionalización en unidades de paisaje constituye el sustento físico natural del Ordenamiento Territorial y dentro de éste, de las unidades de gestión (Bocco, Mendoza, Priego, & Burgos, 2009). Las unidades de gestión de uso de la tierra o sistemas bioproductivos se caracterizan por su homogeneidad en los atributos naturales y problemática socioambiental. Se obtienen a partir de la sobreposición de los mapas de regionalización ecológica, principales comunidades vegetales presentes, diagnóstico ambiental (condición actual de la vegetación y conflictos de uso del suelo) y potencialidades de uso (Ramírez *et al.*, 2016). El presente estudio determinó los sistemas bioproductivos en Xaltepuxtla identificando limitantes y potencialidades para incidir en proyectos detonadores de cambio que favorezcan la biodiversidad, capacidad productiva y economía familiar.



**Figura 1.** Localización geográfica del área de estudio.

Se generaron mapas de fisiografía, clima, uso de suelo y vegetación. Los mapas fisiográficos, altitud y pendientes, se elaboraron a partir del Modelo Digital de Elevación (INEGI, 2019), los rangos de pendientes se generaron de acuerdo al criterio establecido en el estudio realizado en la Cuenca del río Platanar (CONAGUA-UACH, 2009), el mapa de rocas se generó a partir del Conjunto de Datos Vectoriales Geológicos (INEGI, 2004). La integración de los tres mapas anteriores, derivó el mapa de geoformas. El Mapa uso de suelo y vegetación, se redefinió y detallaron los linderos con la cobertura de uso de suelo y vegetación de la Serie VI (INEGI, 2017) y con imágenes de Google Earth Pro, además, se retomó el mapa del sistemas productivos de ornamentales en Xaltepuxtlá elaborado por (Ruiz, 2016). Se construyó el mapa clima con los datos reportado por Ruiz (2016). Finalmente, con la unión de los mapas de topografía uso de suelo y vegetación y clima, se diseñó el mapa de unidades bioproductivas que se corroboraron en campo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Geología

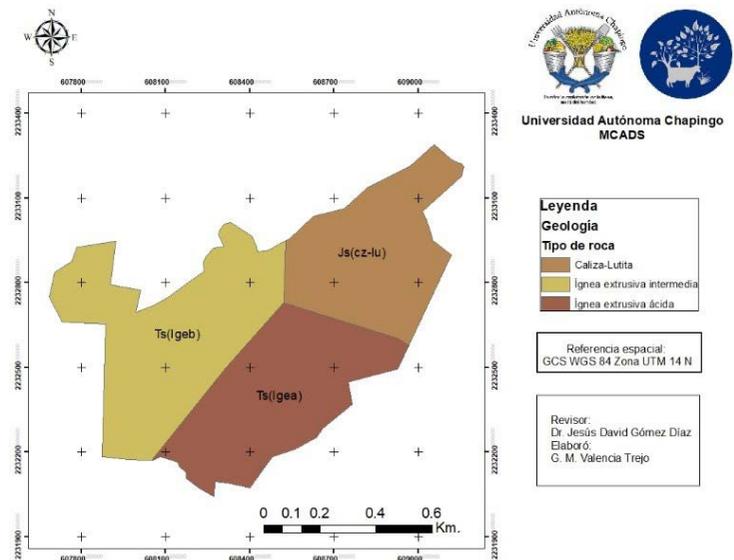
Las rocas más abundantes fueron las ígneas extrusivas del cenozoico, mientras que las sedimentarias del mesozoico se registraron en menor proporción (Cuadro 1), siendo la ígnea extrusiva intermedia la más importante, representando 39% del territorio localizada en la parte oeste. La ígnea extrusiva ácida fue 32% del total de la zona, ubicada en la parte sureste (Figura 2).

### Altitud y pendiente

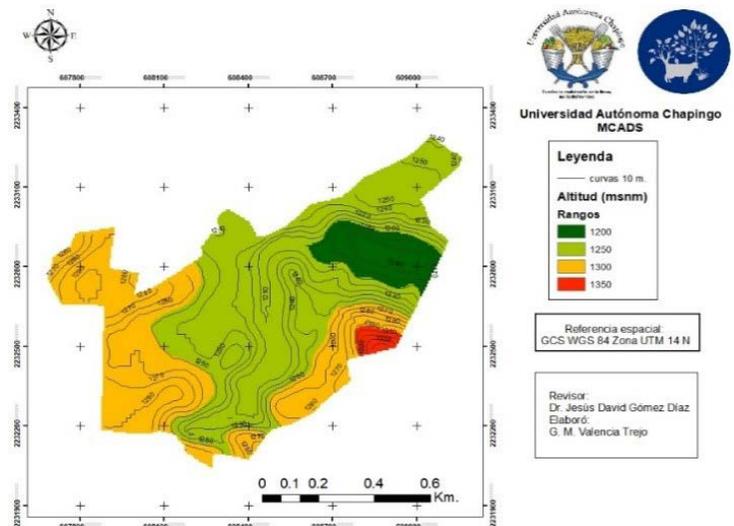
El rango altitudinal fue de 1200 a 1350 m (Figura 3). Se obtuvieron cinco rangos de pendientes (Figura 4), el terreno moderadamente escarpado predominó con 37.6%, seguido del escarpado 22.6% de la superficie total. Debido a la presencia de Sierra alta escarpada y Sierra volcánica de laderas tendidas (Gobierno-Municipal, 2015). Cabe destacar que el 21% son áreas casi planas (Cuadro 2).

**Cuadro 1.** Principales rocas del área de estudio.

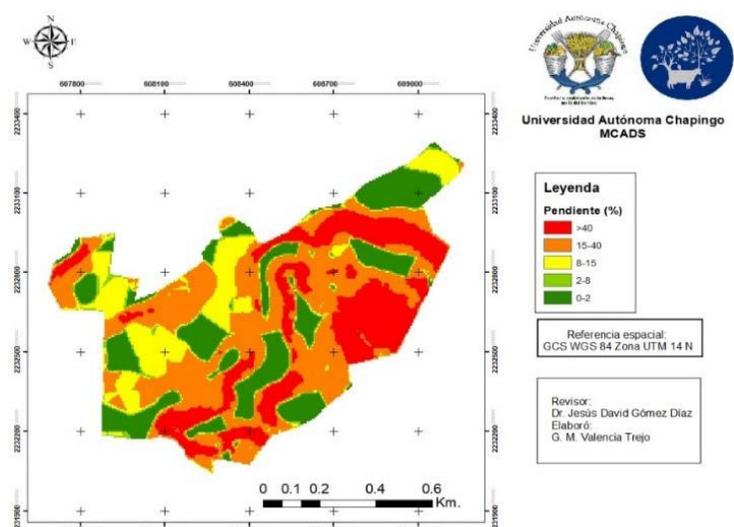
Tipo	Superficie (ha)	(%)
Caliza-Lutita	25.49	28.61
Ígnea extrusiva intermedia	34.79	39.05
Ígnea extrusiva ácida	28.8	32.33



**Figura 2.** Mapa de Geología del área de estudio.



**Figura 3.** Modelo Digital de elevación con el rango altitudinal.



**Figura 4.** Mapa de pendientes en porcentaje.

**Cuadro 2.** Rangos de pendientes en el área de estudio.

Rangos de pendiente (%)	Descripción	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
0-2	Plano a casi plano	18.6	20.9
2-8	Moderadamente inclinado	3.5	3.9
8-15	Inclinado	13.4	15.0
15-40	Moderadamente escarpado	33.5	37.6
>40	Escarpado	20.1	22.6

Fuente: elaboración propia.

**Geoformas:** se obtuvieron siete formas del terreno (Figura 5), de las cuales las más representativas son laderas moderadamente escarpadas (pendientes de 15-40%) (24%), laderas escarpadas (pendientes >40%) (21%), valle

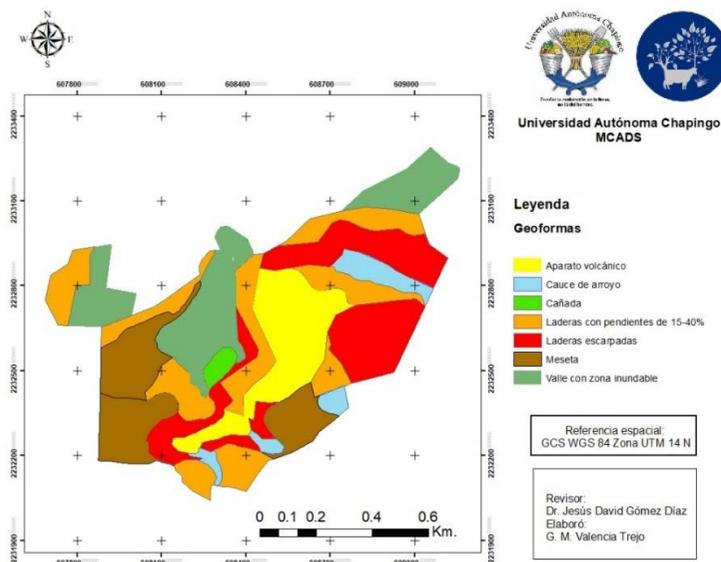
con zona inundable (19%), seguido de meseta (16%) (Cuadro 3).

**Climatología:** el clima corresponde a un (A)Cb(fm)(i')gw" (Figura 6), definido como semi cálido del grupo de los templados con verano fresco largo; húmedo con régimen de lluvias intermedio y un porcentaje de

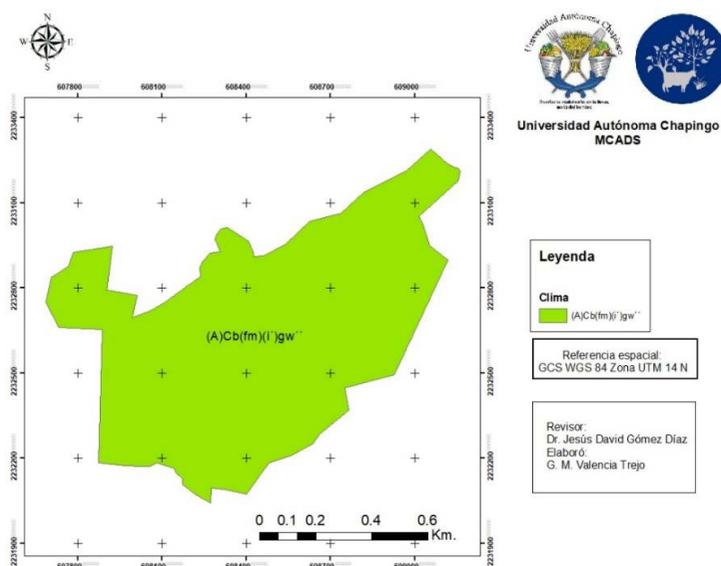
precipitación invernal menor de 18; con poca oscilación anual de las temperaturas medias mensuales; marcha anual de la temperatura tipo Ganges y presencia de canícula. La temperatura media anual de 18.4 °C y la precipitación media anual de 1524.66 mm (Ruiz, 2016).

**Uso de suelo y vegetación:** se identificaron 19 tipos (Figura 7). El 21% del área es acahual de BMM, vegetación de carácter secundario se desarrolla en terrenos sometidos a un manejo de roza-tumba-quema, para la producción de maíz (*Zea mays* L.), este se ha dejado de producir desde hace 20 años. El 17% es BMM secundario: con perturbación, pero con cierto nivel de recuperación (CONABIO, 2010). El sistema de ornamentales dominante es el arrayán con 15% de la superficie total (Cuadro 4).

**Unidades bioproductivas:** el área de estudio cuenta con 35 sistemas bioproductivos (Figura 8), todos se encuentran en un clima (A)Cb(fm)(i')gw". El sistema con mayor superficie es el destinado a la reforestación con 8.0 ha, en dicha área la vegetación está compuesta de acahuales de BMM, presenta 3.0 ha de meseta, 3.0 ha de ladera moderadamente escarpada y 2.0 ha de laderas escarpadas. Seguido



**Figura 5.** Mapa de geoformas.



**Figura 6.** Mapa de clima.

**Cuadro 3.** Principales geoformas en el área de estudio

Descripción	Superficie (ha)	(%)
Valle con zona inundable	17	19
Laderas moderadamente escarpadas (pendientes de 15-40%)	21	24
Cauce de arroyo	4	5
Laderas escarpadas >40%	19	21
Aparato volcánico	12	14
Meseta	14	16
Cañada	1	1

Fuente: elaboración propia.

**Cuadro 4.** Uso de suelo y vegetación en el área de estudio.

Uso de suelo y vegetación	Superficie (ha)	(%)
Acahual BMM	18.98	21.30
BMM secundario	15.97	17.92
Sistema arrayán	13.53	15.18
Sistema Chima-azalea Rodolfo	8.57	9.62
Sistema Mixto de ornamentales	7.81	8.76
Parcelas en descanso	5.11	5.73
Azalea Rodolfo	3.8	4.26
Sistema Chima-azalea	3.16	3.55
Mixto Alicia	2.93	3.29
Relicto de BMM	2.27	2.55
SAF guayabo	1.99	2.23
Chima Alicia	1.66	1.86
Azálea-chima J. L.	1.12	1.26
Chima J.L.	0.81	0.91
Sistema Silvopastoril	0.43	0.48
Semilleros de ornamentales	0.35	0.39
Viveros de arrayán	0.34	0.38
Viveros de ornamentales	0.24	0.27
Vivienda	0.04	0.04

J.L.= propiedad de José Luis; R.= propiedad de Rodolfo; A= propiedad de Alicia; Mixto= sistema con cedrela, chima, azálea y arrayán, BMM= Bosque Mesófilo de Montaña. Fuente: elaboración propia.

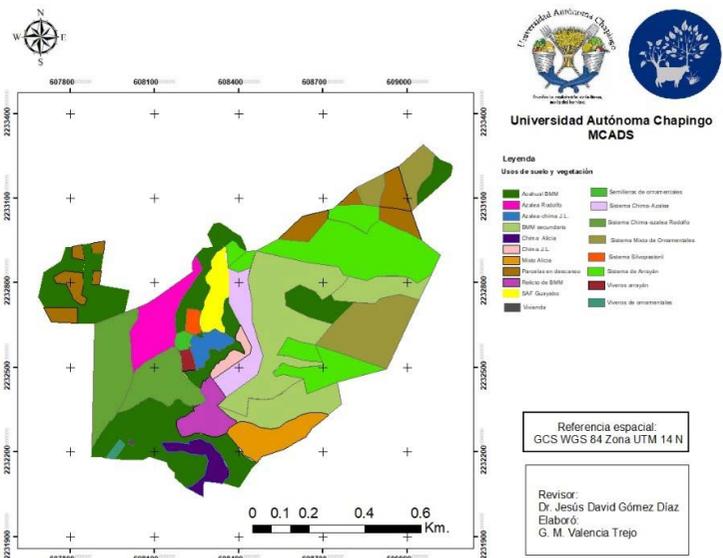
del BMM secundario ubicado en aparato volcánico con 7.5 ha y del Sistema Mixto de Ornamentales en laderas escarpadas con 5.5 ha, ver Cuadro 5.

De acuerdo con las potencialidades y limitantes de las unidades bioproductivas se hizo una zonificación de los usos de suelo y los sistemas de producción en Xaltepuxtla Figura 9.

El 49% de la superficie en estudio se dedica a la producción de ornamentales, el 22% son áreas destinadas a la restauración del BMM y el 8% tiene potencial para la tecnología agroforestal: enriquecimiento de acahuales (Cuadro 6).

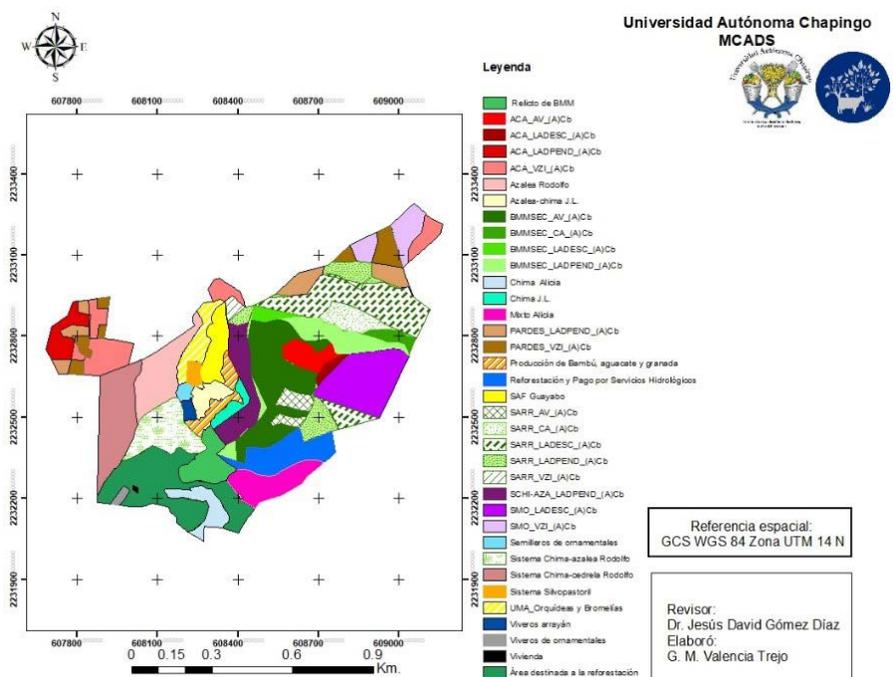
**CONCLUSIONES**

La caracterización detallada del medio biofísico permite identificar limitantes



**Figura 7.** Mapa de usos de suelo y vegetación.

y potencialidades de cada una de las unidades de gestión de uso de la tierra (sistemas bioproductivos), y son base para el diseño de estrategias de intervención con tecnologías agroforestales, en particular, el incremento de almacenes de carbono, restauración de sistemas degradados y generación de beneficios económicos para productores rurales a través de proyectos detonadores de cambio. Los propietarios de las fincas son conscientes de la importancia de cuidar el BMM por ello han dedicado superficies considerables a su restauración y conservación.



**Figura 8.** Mapa de unidades bioproductivas.

**Cuadro 5.** Descripción de las unidades bioproductivas en el área de estudio.

Unidad bioproductivas	Descripción de la unidad bioproductiva	Superficie (ha)	(%)
Área destinada a la reforestación	Acahual de BMM presenta 3.0 ha de meseta, 3.0 ha de ladera moderadamente escarpada y 2.0 ha de laderas escarpadas.	7.97	12.0
BMMSEC_AV_(A)Cb	Bosque Mesófilo de Montaña secundario en aparato volcánico	7.50	11.3
SMO_LADESC_(A)Cb	Sistema Mixto de Ornamentales en laderas escarpadas >40%	5.54	8.4
Chima-cedrela Rodolfo	Sistema Chima-cedrela propiedad de Rodolfo, presentan extracción de planta con cepellón, se exporta el suelo como sustrato, se hace combate de malezas con azadón*	4.96	7.5
Azalea Rodolfo	Sistema Azálea propiedad de Rodolfo*	3.80	5.7
Chima-azalea Rodolfo	Sistema Chima-azálea propiedad de Rodolfo*	3.61	5.5
Reforestación y Pago por Servicios Hidrológicos	Área destinada a la reforestación y pago por servicios hidrológicos	3.50	5.3
SCHI-AZA_LADPEND_(A)Cb	Sistema Chima-azálea en laderas con pendientes de 15-40%	3.07	4.6
Mixto Alicia	Sistema Mixto de Ornamentales propiedad de Alicia incluye cedrela, chima, azálea y camelia. Suelos erosionados, se usa azadón para mover la tierra.	2.93	4.4
Relicto de BMM	Relicto de Bosque Mesófilo de Montaña, invadido por cultivos de chima, se busca restaurarlo con especies nativas del BMM.	2.27	3.4
SAF Guayabo	Sistema Agroforestal Guayabo: sistema mixto de azálea, chima y guayabo ( <i>Psidium guajava</i> )	1.99	3.0
ACA_VZI_(A)Cb	Acahual en valle con zona inundable	1.94	2.9
SARR_CA_(A)Cb	Sistema Arrayán en cauce de arroyo	1.72	2.6
Chima Alicia	Sistema Chima pendientes >40%, suelos erosionados, se usa azadón para mover la tierra. No se extrae chima en la actualidad.	1.66	2.5
ACA_LADPEND_(A)Cb	Acahual en laderas con pendientes de 15-40%	1.56	2.4
SMO_VZI_(A)Cb	Sistema Mixto de Ornamentales en valle con zona inundable	1.54	2.3
ACA_AV_(A)Cb	Acahual en aparato volcánico	1.54	2.3
Producción de Bambú, aguacate y granada	Área destinada a la producción de bambú, aguacate y granada	1.50	2.3
Azalea-chima J.L.	Sistema Azálea-chima con pendiente de 8-15% propiedad de José Luis	1.12	1.7
Chima J.L.	Sistema chima con pendientes de 15%, suelos erosionados y pedregosos. No se extrae chima en la actualidad, propiedad de José Luis	0.81	1.2
BMMSEC_CA_(A)Cb	Bosque Mesófilo de Montaña secundario en cauce de arroyo	0.73	1.1
BMMSEC_LADESC_(A)Cb	Bosque Mesófilo de Montaña secundario en laderas escarpadas >40%	0.57	0.9
	Bosque Mesófilo de Montaña secundario en laderas con pendientes de 15-40%	0.55	0.8
Sistema Silvopastoril	Cultivo de chima para follaje, herbáceas forrajeras: frijol palo ( <i>Cajanus cajan</i> ) y árnica ( <i>Tithonia diversifolia</i> ), cacahuatillo ( <i>Arachis pintoi</i> ) y trébol blanco ( <i>Trifolium repens</i> ) para ganado ovino, no hay extracción de suelo	0.43	0.7
SARR_AV_(A)Cb	Sistema de arrayán en aparato volcánico	0.43	0.6
ACA_LADESC_(A)Cb	Acahual en laderas escarpadas	0.42	0.6
SARR_LADPEND_(A)Cb	Sistema de arrayán en laderas con pendientes de 15-40%	0.39	0.6
SARR_VZI_(A)Cb	Sistema Arrayán en valle con zona inundable	0.37	0.6
Semilleros de ornamentales	Semilleros de ornamentales	0.35	0.5
Viveros arrayán	Se produce plántula de arrayán a raíz desnuda para su posterior trasplante	0.34	0.5
PARDES_VZI_(A)Cb	Parcelas en descanso en valle zona inundable	0.29	0.4
PARDES_LADPEND_(A)Cb	Parcelas en descanso en laderas con pendientes de 15-40%	0.28	0.4
Viveros de ornamentales	Área donde se mantienen los ornamentales extraídos hasta la venta	0.24	0.4
SARR_LADESC_(A)Cb	Sistema arrayán en laderas escarpadas	0.16	0.2
UMA Orquídeas y Bromelias	Área destinada a una UMA de Orquídeas y Bromelias	0.04	0.1
Vivienda	Zona urbana	0.04	0.1

Fuente: elaboración propia.

## LITERATURA CITADA

CONABIO. (2010). El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su conservación y manejo sostenible I. In CONABIO. Retrieved from <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/bMesofilo.html>

CONAFOR. (2007). Ordenamiento Territorial Comunitario (OTC) Manual básico (1st ed.; CONAFOR-SEMARNAT, Ed.). Jalisco, México: IMPRE-JAL.

CONAGUA-UCh. (2009). Proyecto de Restauración Hidrológica-Ambiental De La Parte Media Y Alta De La Cuenca Del Río Platanar, Comprendida Entre Los Estados De Tabasco Y Chiapas. Comisión Nacional del Agua.

CONANP. (2013). Estudio Previo Justificativo para la modificación de la Declaratoria del Área de Protección de Recursos Naturales " Zona Protectora Forestal Vedada Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa " ubicada en los estados de Hidalgo y Puebla. CONANP, 121.

Gobierno-Municipal. (2015). Plan de Desarrollo Municipal del Municipio de Tlaola, Puebla 2014-2018. Tlaola, Puebla.

Gómez-Díaz, 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, Campus Montecillo.

INEGI. (2004). Conjunto de Datos Vectoriales Geológicos. Continuo Nacional. Escala 1:1'000,000. Retrieved from INEGI website: <file:///C:/INEGI/rocas/geologia1m.html>

INEGI. (2017). Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie VI (continuo nacional). Retrieved from INEGI website: <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/default.html#Descargas>

INEGI. (2019). Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0). Retrieved from INEGI website: <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/>

Otero, W., García, J., Solano, G., & Castillo, M. (1998). Guía simplificada para el ordenamiento territorial municipal. In Duplolo (Ed.), Convenio IGAC -Proyecto CHECUA - CAR - GTZ - KFW. Santa Fe de Bogotá.

Ruiz Moreno, S. (2016). Calidad de uso en sistemas de producción tradicionales y con tecnologías agroforestales en Xaltepuxtla, Puebla. Universidad Autónoma Chapingo.

UACH-INECOL. (2002). Ordenamiento Ecológico Territorial de las cuencas hidrológicas de los ríos Necaxa y Laxaxalpan. In Instituto Nacional de Ecología. Chapingo, Estado de México.

Valencia-Trejo, G. M.; Álvarez-Sánchez, M. E.; Gómez-Díaz, J. D.; Cetina-Alcalá, V. M. (2019). Caracterización y diagnóstico participativo para el Ordenamiento Territorial Comunitario con enfoque agroforestal en Xaltepuxtla, Puebla, México. Taller participativo para el Ordenamiento Territorial Comunitario a nivel finca. Manuscrito Enviado Para Publicación.

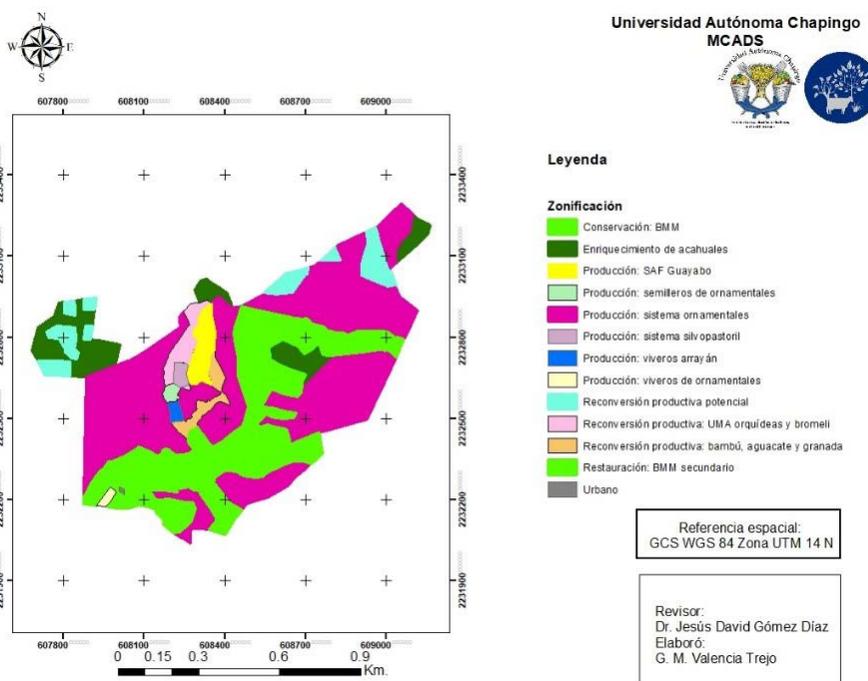


Figura 9. Zonificación de acuerdo con potencialidades y limitantes.

Cuadro 6. Zonificación del territorio del área de estudio .

No.	Zonas	Superficie (ha)	(%)
3	Producción: sistemas ornamentales	43.54	49.0
4	Restauración: BMM secundario	20.01	22.5
1	Enriquecimiento de acahuales	7.98	9.0
11	Conservación: BMM	5.77	6.5
2	Reconversión productiva potencial	4.98	5.6
10	Producción: SAF Guayabo	1.99	2.2
5	Reconversión productiva: UMA orquídeas y bromelias	1.73	1.9
6	Reconversión productiva: bambú, aguacate y granada	1.50	1.7
13	Producción: sistema silvopastoril	0.43	0.5
12	Producción: semilleros de ornamentales	0.35	0.4
9	Producción: viveros arrayán	0.34	0.4
7	Producción: viveros de ornamentales	0.24	0.3
8	Urbano	0.04	0.0

Fuente: elaboración propia.

