



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL POR ACTIVIDADES
RELACIONADAS CON LA PROFESIÓN

PARA OBTENER EL GRADO
DE LICENCIADA EN BIOLOGÍA

**Participación en actividades relacionadas con la
evaluación de estrategias para la restauración ambiental
de la Región Mixteca, correspondiente a los estados de
Oaxaca, Puebla y Guerrero, México.**

QUE PRESENTA LA ALUMNA

Karen López Contreras

2193068747

ASESORES

Asesora interna

Dra. María Virginia Cervantes Gutiérrez, UAM-X (34406)

Asesor externo

Mtro. Gilberto Hernández Cárdenas, UAM-I (23198)

Ciudad de México, febrero 2025.

Resumen

La restauración ambiental es un proceso que busca mejorar y/o restablecer la salud e integridad de los ecosistemas, sin embargo, ésta ha tenido poco éxito en México por la ausencia de diagnósticos, los cuales son importantes porque permiten conocer las características de un ecosistema, así como por la falta de evaluación y seguimiento. Por ello, el presente servicio social tuvo como objetivo contribuir en la generación de información para la evaluación de las acciones de restauración ambiental de la región Mixteca en los Estados de Guerrero, Oaxaca y Puebla, México. Para cumplir con este objetivo se realizaron diferentes actividades, en primera instancia se verificó la regionalización de la Mixteca, lugar donde el proyecto de adscripción evaluará las acciones de restauración, además se obtuvieron sus datos poblacionales. Posteriormente, se realizó un diagnóstico del medio físico-biótico y un análisis del estado de la cubierta vegetal de la región Mixteca para el año 2002. Adicionalmente, con el fin de dar seguimiento a los proyectos de restauración ejecutados por el proyecto de adscripción, se brindó apoyo en campo en dos municipios de la mixteca guerrerense, Alcozauca de Guerrero y Tlapa de Comonfort. Las actividades desarrolladas ayudaron a consolidar muchos de los conocimientos obtenidos en la carrera, pero también permitieron obtener nuevas habilidades y conocimientos para la evaluación y seguimiento de las acciones de restauración.

Palabras clave: caracterización, planeación ambiental, regionalización, teledetección ambiental.

ÍNDICE

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Marco institucional | 4 |
| 2. Introducción | 4 |
| 3. Ubicación geográfica..... | 5 |
| 4. Objetivo general del proyecto donde se realizaron las actividades del servicio social | 5 |
| 5. Especificación y fundamento de las actividades desarrolladas | 5 |
| 5.1. Verificación de la regionalización de la zona Mixteca, correspondientes a los estados de Guerrero, Oaxaca y Puebla y obtención de datos poblacionales | 7 |
| 5.1.1. Resultados | 8 |
| 5.2. Diagnóstico del medio físico-biótico de la región Mixteca | 11 |
| 5.2.1. Resultados | 12 |
| 5.3 Análisis del estado de la cubierta vegetal de la región Mixteca para el año 2002 | 25 |
| 5.3.1 Corrección topográfica mediante el método de corrección C | 26 |
| 5.3.2 Clasificación de uso de suelo y vegetación | 27 |
| 5.4 Trabajo en campo en dos municipios del estado de Guerrero | 30 |
| 6. Impactos de las actividades del servicio social sobre el proyecto de adscripción..... | 31 |
| 7. Aprendizajes y habilidades obtenidas | 32 |
| 8. Fundamento de las actividades del servicio social | 33 |
| 9. Referencias..... | 33 |
| 10. Anexos..... | 37 |

1. Marco institucional

El presente servicio social se realizó bajo la modalidad de “Actividades Relacionadas con la Profesión”. Este fue guiado por dos asesores, la Dra. Virginia Cervantes Gutiérrez, adscrita al laboratorio de Planeación Ambiental del Departamento el Hombre y su Ambiente (DEHA), Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) unidad Xochimilco; así como por el Mtro. Gilberto Hernández Cárdenas, adscrito al laboratorio Manejo de Recursos Naturales del Departamento de Biología de UAM Iztapalapa.

Las actividades se realizaron en el proyecto “Evaluación de Acciones de Restauración Ambiental en Sistemas Socio-Ecológicos de la Región Mixteca en los Estados de Guerrero, Oaxaca y Puebla, México”, que está adscrito al DEHA. Este proyecto tiene como objetivo evaluar la efectividad de las intervenciones de restauración ambiental realizadas hace más de una década en sistemas socio-ecológicos de la Región Mixteca de los Estados de Guerrero, Oaxaca y Puebla.

El cumplimiento del objetivo del proyecto requiere de procesos propios de la planeación ambiental, tales como el diagnóstico socio-ecológico y la evaluación de estrategias derivadas de la planeación, específicamente en este caso de restauración. Esto se vincula con la misión de la UAM-X al permitir participar y dar conocimiento a los egresados de servicio social sobre la importancia y el proceso del “diagnóstico, gestión y planeación del uso, conservación y restauración de los recursos naturales” (UAM, s.f.). Asimismo, el proyecto busca evaluar las estrategias de restauración, planteando una metodología propia que vincula las Ciencias Biológicas con las Ambientales.

2. Introducción

La deforestación es una de las causas más importantes del deterioro de los ecosistemas en México y en el mundo, por ello han existido diversos esfuerzos por parte de las instituciones gubernamentales para prevenir o contrarrestar esta problemática (Cervantes et al., 1996). La restauración ambiental ha sido una de las soluciones para combatir la degradación ambiental, ya que es un proceso que busca restablecer la salud e integridad de los ecosistemas que han sido dañados, degradados o destruidos, con frecuencia, como resultado de las actividades humanas (Cervantes et al., 2008). Sin embargo, la información errónea, la ausencia de un diagnóstico y la falta de evaluación y seguimiento, han impedido que los programas de restauración en México sean exitosos (Cervantes et al., 1996; Carabias et al., 2007).

En este contexto, generalmente la información disponible para realizar acciones de restauración es escasa o muestra deficiencias y confusiones en el uso de los términos, por lo que no contribuyen a consolidar una base firme para el entendimiento y ejecución de estas acciones (Carabias et al., 2007). Por su parte, la ausencia de un diagnóstico impide conocer

las condiciones sociales y ecológicas de un sitio a intervenir (Cervantes et al., 2014). Por último, la falta de evaluación y seguimiento de los programas de restauración imposibilita corroborar el logro de los objetivos. Aunado a esto es difícil evaluar los resultados de estas estrategias por su complejidad y la ausencia de una metodología (Carabias et al., 2007)

Ante estas carencias, el proyecto de investigación al que se adscribe el servicio social propone una metodología para evaluar las estrategias de restauración, por tales razones las actividades estuvieron involucradas en ese proceso, con el objetivo de contribuir en la generación de información para la evaluación de las acciones de restauración ambiental de la región Mixteca en los estados de Guerrero, Oaxaca y Puebla.

3. Ubicación geográfica

La región Mixteca se localiza al sur de México, abarca parte de los estados de Guerrero, Oaxaca y Puebla. La región recibe el nombre por sus primeros pobladores, los mixtecos quienes son el cuarto pueblo indígena más numeroso de México y se autodenominan Ñuu Savi, que en español significa «Pueblo de la Lluvia» (Mindek, 2003). Las lenguas indígenas que se hablan en la región, además del mixteco, son el triqui, el amuzgo, el chocho, el nahua y el ixcateco (INPI, 2018).

La región está atravesada por la Sierra Madre del Sur, la Sierra de Oaxaca y el Eje Volcánico Transversal, posee una gran variedad de climas, entre los que destacan el cálido subhúmedo, semicálido subhúmedo y el templado subhúmedo; estas condiciones han propiciado la existencia de una gran diversidad de ecosistemas, mismos que se han degradado como producto de la explotación forestal y la ganadería iniciada desde la conquista española. A partir de ésta la pobreza y la migración de los mixtecos fue en aumento, lo cual no ha cesado en la actualidad, siendo así que la principal entrada monetaria de la región es proporcionada por la población migrante (INPI, 2018; Mindek, 2003). En cuanto a las actividades económicas la agricultura es la actividad básica, en menor medida se practica la ganadería la cual está dirigida principalmente a la producción de cabras y ovejas (INPI, 2018).

4. Objetivo general del proyecto donde se realizaron las actividades del servicio social

El proyecto de Evaluación de Acciones de Restauración Ambiental en Sistemas Socio-Ecológicos de la Región Mixteca tiene como objetivo general evaluar la efectividad de las intervenciones de restauración ambiental realizadas hace más de una década en sistemas socio-ecológicos de la región Mixteca de los estados de Guerrero, Oaxaca y Puebla.

5. Especificación y fundamento de las actividades desarrolladas

Tabla 1. Actividades comprometidas en el documento de registro del servicio social.

| Objetivo | Actividad | Realizadas Sí/No |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1.Participar en la verificación de la regionalización de la zona Mixteca, correspondientes a los estados de Guerrero, Oaxaca y Puebla. | - Verificación de la región Mixteca con base en el Censo de INEGI 2020. | Sí |
| 2.Colaborar en la realización de un diagnóstico del medio físico-biótico de la Región Mixteca. | - Búsqueda y selección de los mapas temáticos necesarios para la caracterización. - Procesamiento de los mapas temáticos en el programa ArcGis. | Sí |
| 3.Realizar el análisis del estado de la cubierta vegetal de la región Mixteca para el año 2002. | - Búsqueda y selección de imágenes satélite para el análisis del estado de la cobertura vegetal. - Análisis y procesamiento de las imágenes satelitales en el programa ArcGIS Pro. | Sí |
| 4.Participar en la documentación de un metaanálisis sobre el estado del arte de la restauración ambiental en México. | - Búsqueda y selección bibliográfica para la documentación del arte de la restauración en México. - Revisión y clasificación con seminarios sobre la bibliografía de restauración ambiental en México. | No |
| 5.Informe final | -Preparación del informe final de servicio social | Sí |

Originalmente en el objetivo número tres se buscaba realizar un análisis de uso de suelo y vegetación del año 2000, sin embargo, las imágenes satelitales de ese año presentaron una gran nubosidad lo que impidió su análisis.

Las actividades adicionales sustituyeron al objetivo número cuatro, el cual no se realizó porque se decidió priorizar el avance de la caracterización social de la región Mixteca y el trabajo en campo en las localidades de la Montaña de Guerrero (Tabla 2).

Tabla 2. Actividades adicionales

| Actividades adicionales |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5. Contribuir en el avance de la caracterización social de la región Mixteca para el año 2020. |
| 6. Apoyo en el trabajo de campo en los municipios de Tlapa de Comonfort y Alcozauca de Guerrero, Guerrero. |
| 7. Capacitación en teledetección con cursos en línea. |

Los aspectos sociales se abordaron a través de una caracterización de la población de la región, considerando número de habitantes por edad y sexo, así como la Población Económicamente Activa (PEA) y la Población No Económicamente Activa (PNEA). El apoyo en campo se brindó en algunas localidades de los municipios de Tlapa de Comonfort y Alcozauca de Guerrero, en el primero se dio apoyo en la verificación de uso de suelo y vegetación de una parcela ubicada en la localidad de Barranca del Otate, mientras que en el municipio de Alcozauca de Guerrero se realizaron muestreos de vegetación con el fin de dar seguimiento a las estrategias de restauración implementadas por el proyecto de adscripción.

Los objetivos número dos y tres referentes a la caracterización y clasificación de uso de suelo y vegetación requirieron de una capacitación adicional con cursos en línea, estos tuvieron una duración aproximada de un mes. Uno de los cursos tomados fue “Land in Focus: Basics of Remote Sensing”, un curso proporcionado por EO College, el cual permitió aplicar, a través de ejercicios, diferentes técnicas para recopilar, procesar y analizar imágenes satelitales. También se realizaron cursos en la UAM Iztapalapa proporcionados por el programa ArcGis Pro, donde se estudiaron temas como cartografía y diseño, administración, edición y análisis de datos, así como distintas herramientas útiles para teledetección.

5.1. Verificación de la regionalización de la zona Mixteca, correspondientes a los estados de Guerrero, Oaxaca y Puebla y obtención de datos poblacionales

La delimitación de la región Mixteca, realizada previamente por el proyecto al que pertenece el presente servicio social, se definió considerando los municipios pertenecientes al estado de Oaxaca, Puebla y Guerrero. Para el primero los municipios fueron obtenidos de la regionalización política estatal (COPLADE, 2020), para los estados de Puebla y Guerrero los municipios se definieron según los intereses de estudio y siguiendo el criterio establecido por Sarmiento-Silva (2000), donde se seleccionaron aquellos municipios que cumplieran con el 30% o más de población hablante de lengua mixteca, de acuerdo con el censo de Población y Vivienda de 2010. Para estos dos estados fue necesario verificar si la población hablante

de lengua mixteca se mantuvo o presentó un cambio durante los últimos 10 años, para ello se utilizó el Censo de Población y Vivienda de 2020 (INEGI, 2020).

Los datos fueron analizados en una tabla de Excel comparando ambos años (2010 y 2020) y tomando como criterio aquellos municipios que cumplieran con el 30% o más de hablantes de lengua mixteca. Como resultado se vio una disminución en el número de municipios que cumplieran con este criterio, por lo que de los 179 municipios al inicio de la regionalización quedaron un total de 169. La delimitación de la región, así como los municipios que la integran fueron representados en un mapa de ubicación creado en el programa Arcgis 10.8, posteriormente se generó un mapa con las principales vías de comunicación de la región. Para esto se usaron datos del Marco Geoestadístico y la Red Nacional de Caminos del año 2021, que fueron obtenidos en la plataforma del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2021).

Adicionalmente, se obtuvieron datos poblacionales de la región como número de habitantes por edad y sexo, Población Económicamente Activa (PEA) y Población No Económicamente Activa (PNEA), esto a través de la revisión y análisis del Censo de Población y Vivienda 2020.

5.1.1. Resultados

La región Mixteca se encuentra al Sur de México (Fig.1), abarca una superficie de 19,605 km², como resultado de los criterios establecidos anteriormente, está integrada por 169 municipios de los cuales 156 pertenecen al estado de Oaxaca, 5 a Guerrero y 8 a Puebla (Anexos). Tiene una población de 721,196 habitantes, de los cuales 381,575 son mujeres y 339,621 son hombres; representan el 52.9% y el 47.1% respectivamente. La estructura poblacional indica que existe una población principalmente joven (Fig.2). Del total de habitantes, 203,392 hablan Mixteco, lo que corresponde al 28.2% de la población total de la región (INEGI, 2020).

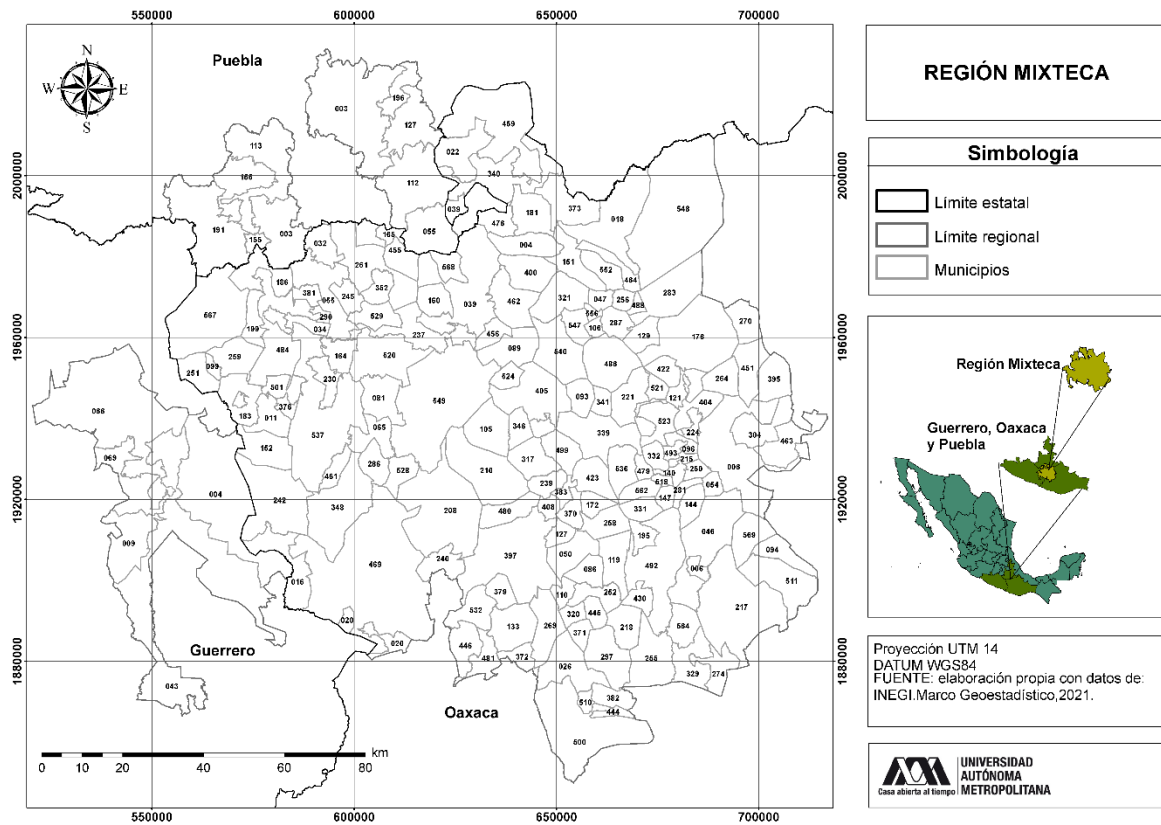


Figura 1. Ubicación de la región Mixteca y los municipios que la integran (representados con su clave municipal) en los estados de Guerrero, Oaxaca y Puebla, México.

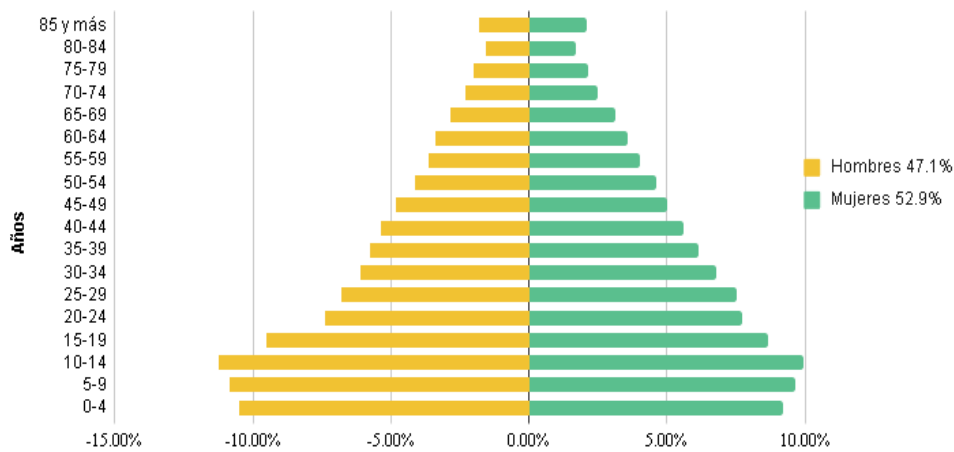


Figura 2. Estructura poblacional de la región Mixteca por edad y sexo para el año 2020.

La Población Económicamente Activa (PEA), de 12 años y más, en la región es de 287,974 personas, lo que implica una participación del 52.9% (Fig.3), mientras que la Población No Económicamente Activa (PNEA), de 12 años y más, es de 256,075 personas, lo que representa el 47.1%. La PNEA con mayor representación se dedica a los quehaceres del hogar en un 48.4%, seguido por los estudiantes con 26.8% (Fig.4).

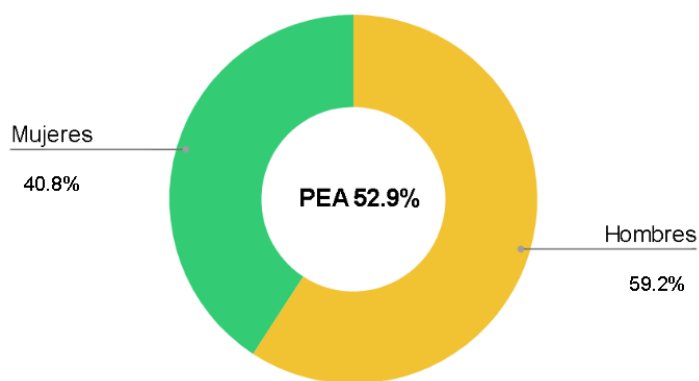


Figura 3. Población económicamente activa (PEA) de la región Mixteca, México.

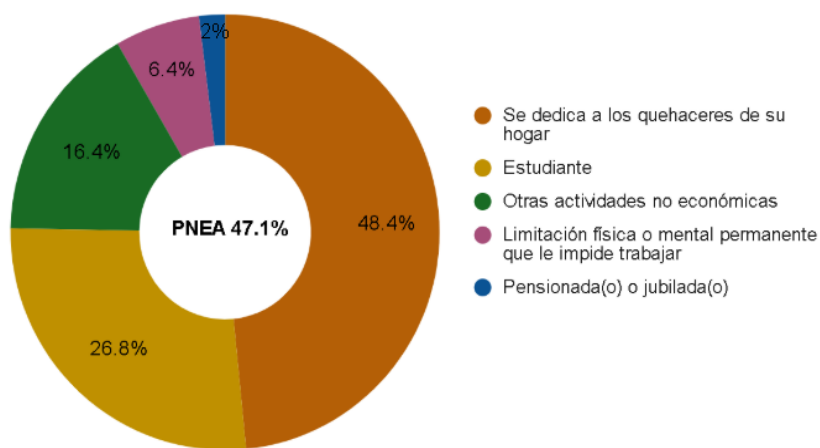


Figura 4. Población no económicamente activa (PNEA) en la región Mixteca, México y su tipo de ocupación.

De los 169 municipios que abarca la región mixteca los de mayor superficie son Santiago Juxtlahuaca con 773.7 km², Tlapa de Comonfort con 608.5 km² y Acatlán con 608.2 km². Estos municipios se mantienen en comunicación con otros municipios a través de la red de caminos (Fig. 5).

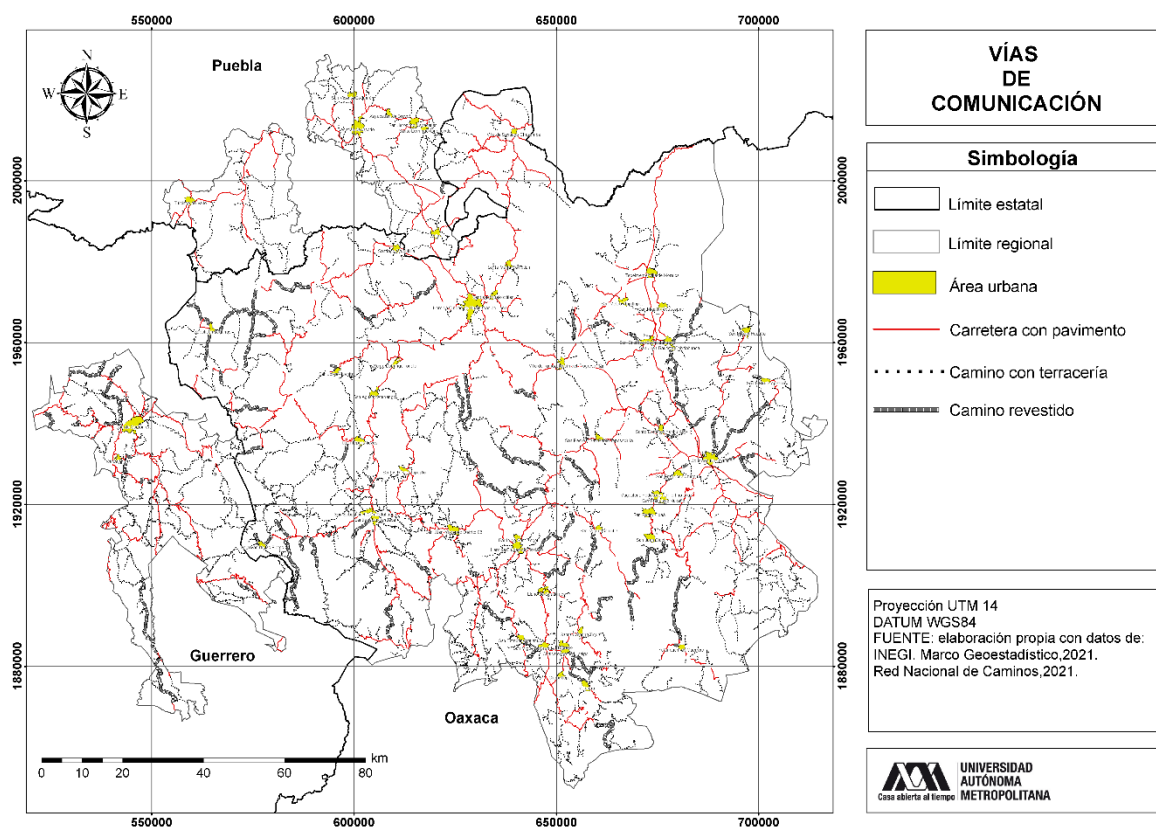


Figura 5. Principales vías de comunicación en la región Mixteca, México.

5.2. Diagnóstico del medio físico-biótico de la región Mixteca

La caracterización del medio físico-biótico de la región Mixteca obedeció a los límites establecidos por la regionalización social. Los datos fueron obtenidos de la plataforma de INEGI en formato vectorial (Tabla 3) y ráster. Los mapas de tipo ráster correspondientes a pendiente y altitud se crearon a partir del Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM) 3.0 (INEGI, 2013).

Tabla 3. Cartografía utilizada para la caracterización del medio físico-biótico de la región Mixteca, México.

| Carta | Escala | Edición |
|---------------------------|-------------|---------|
| Uso de suelo y vegetación | 1:250,000 | 2018 |
| Edafología | 1:250,000 | 2024 |
| Geología | 1:250,000 | 2001 |
| Sistema de topofomas | 1:1,000,000 | 2001 |
| Clima | 1:1,000,000 | 2008 |
| Hidrografía | 1:250,000 | 2006 |

Los datos de los mapas descargados fueron reclasificados con el fin de facilitar la identificación de las categorías. Los mapas generados fueron superpuestos para crear una tabla que describe las principales asociaciones entre el aspecto físico-biótico.

5.2.1. Resultados

Caracterización ambiental. Las pendientes de la región van de 0° a 77°, estas se clasificaron en ocho intervalos de plana a fuertemente escarpada (Tabla 4, Fig. 6). Las categorías con mayor proporción son la moderadamente inclinada y la fuertemente escarpada, en conjunto representan el 32% de la superficie. Por otro lado, el intervalo de altitud fue de 200 msnm a 3,400 msnm (Fig.7), de acuerdo con el histograma de frecuencias (Fig. 8) la altitud mejor representada oscila entre los 2,000 y 2,200 msnm, la cual abarca el 18.1% de la superficie.

Tabla 4. Clasificación de la pendiente para la región Mixteca, México.

| Intervalo de pendiente en grados (°) | Pendiente | Superficie (km ²) | Proporción (%) |
|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------|
| 0-5 | Plana | 2,323 | 12 |
| 5-10 | Ligeramente inclinada | 3,026 | 15.5 |
| 10-15 | Moderadamente inclinada | 3,107 | 16 |
| 15-20 | Fuertemente inclinada | 3,109 | 16 |
| 20-25 | Moderadamente escarpada | 2,851 | 14.6 |
| 25-30 | Escarpada | 2,288 | 11.7 |
| 30-35 | Muy escarpada | 1,570 | 8 |
| 35-77 | Fuertemente escarpada | 1,309 | 6.7 |
| Total | | 19,584 | 100 |

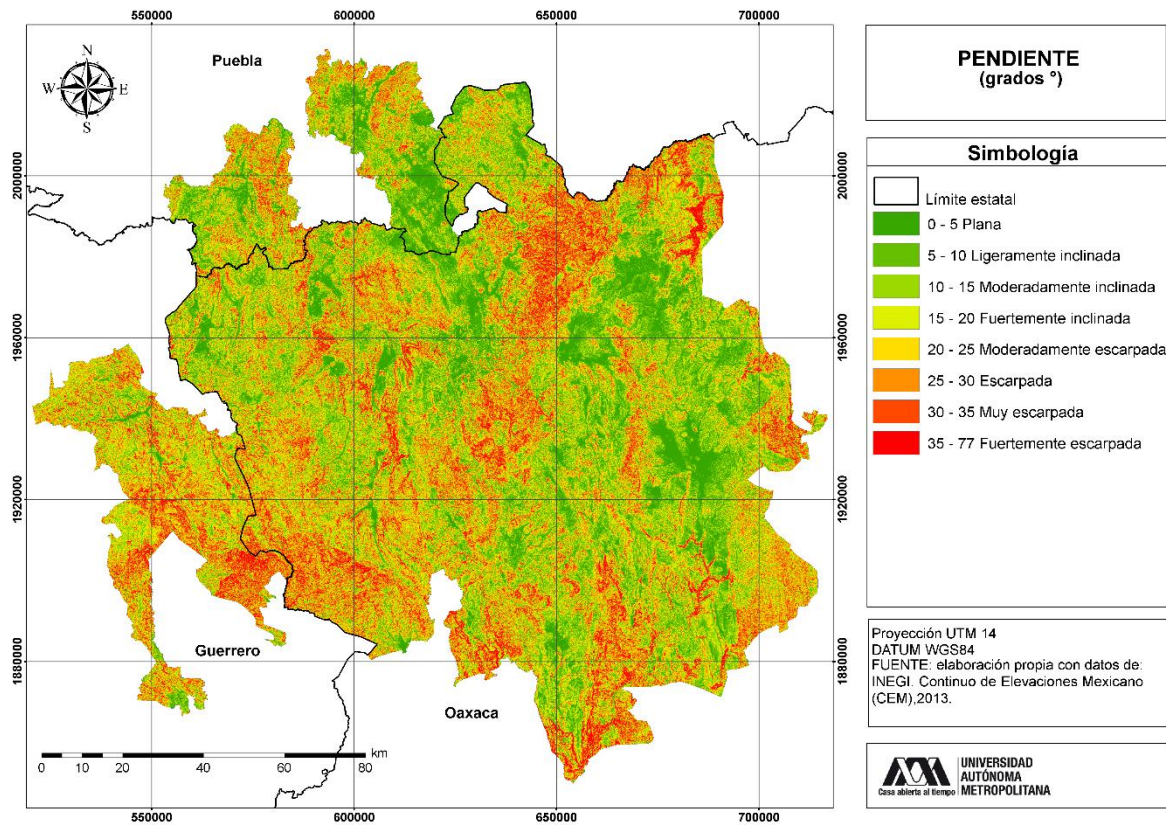


Figura 6. Intervalo de pendiente en grados, para la región Mixteca, México.

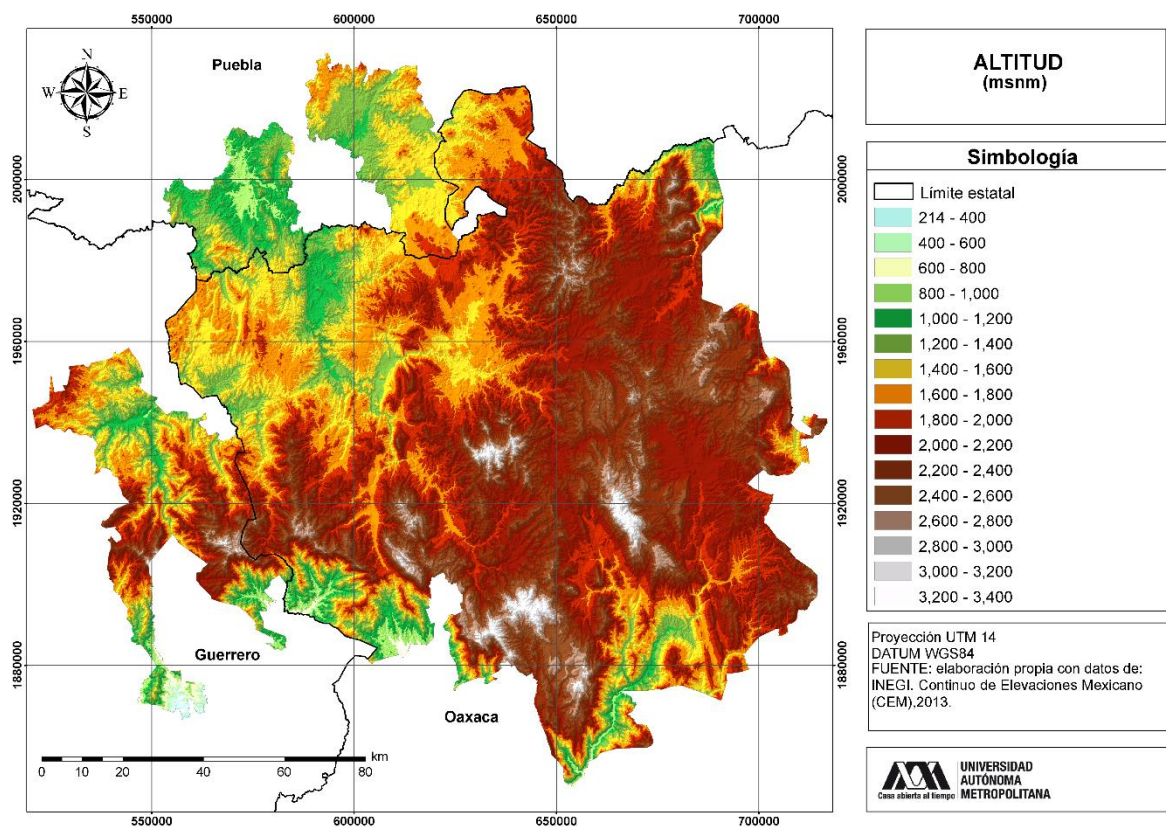


Figura 7. Intervalo de altitud en la región Mixteca, México.

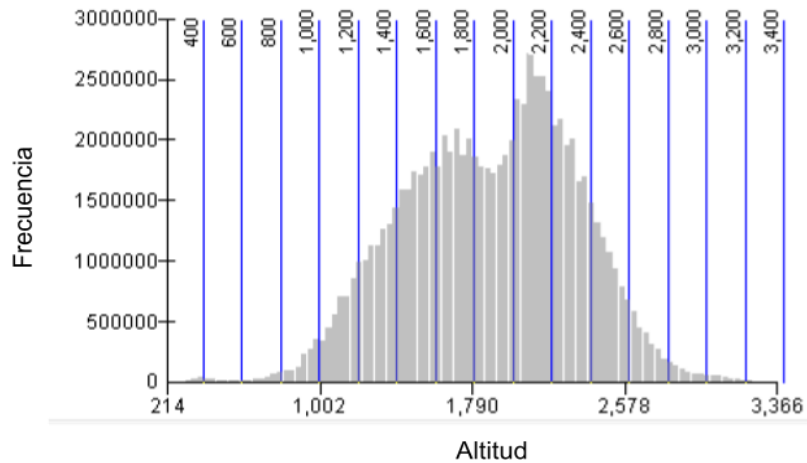


Figura 8. Histograma de frecuencias de la altitud en la región Mixteca, México.

La altitud y la pendiente de la región son característicos de un relieve variado e irregular, muestra de ello es que existen 11 sistemas de topoformas (Tabla 5, Fig.9). Entre estos destacan por la superficie ocupada aquellos que tienen pendientes pronunciadas, entre ellos se encuentran la Sierra Alta Compleja que se encuentra a una altitud máxima de 3,365 msnm y ocupa 28.7% de la superficie total, el Lomerío con una altitud de 960 a 3,043 msnm y la Sierra de Cumbres Tendidas en una altitud máxima de 3,215 msnm, y que se extienden en 16.1% y 15% de la región, respectivamente. En menor medida se presentan relieves más planos como la Llanura y la Meseta que en conjunto abarcan sólo el 1.2% de la superficie.

Tabla 5. Sistema de topoformas por pendiente y altitud en la región Mixteca, México.

| N° | Sistema de Topoformas | Pendiente Mín y Máx (grados °) | Altitud Mín y Máx (msnm) | Superficie (km ²) | Proporción (%) |
|----|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------|
| 1 | Sierra Alta Compleja | 0-65 | 520 - 3,365 | 5,634 | 28.7 |
| 2 | Lomerío | 0-66 | 960 - 3,043 | 3,164 | 16.1 |
| 3 | Sierra De Cumbres Tendidas | 0-76 | 639 - 3,215 | 2,942 | 15.0 |
| 4 | Sierra Baja | 0-74 | 215 - 2,926 | 2,710 | 13.8 |
| 5 | Sierra Compleja | 0-65 | 841 - 2,759 | 1,486 | 7.6 |
| 6 | Valle | 0-73 | 570 - 2,635 | 1,294 | 6.6 |
| 7 | Sierra De Laderas Tendidas | 0-67 | 1,430 - 2,922 | 967 | 4.9 |
| 8 | Sierra De Laderas Escarpadas | 0-57 | 1,059 - 2,070 | 731 | 3.7 |
| 9 | Cañón típico | 0-68 | 765 - 2,167 | 437 | 2.2 |
| 10 | Meseta | 0-58 | 1,493 - 3,207 | 225 | 1.1 |
| 11 | Llanura | 0-36 | 1,713 - 1,880 | 15 | 0.1 |
| | Total | | | 19,605 | 100 |

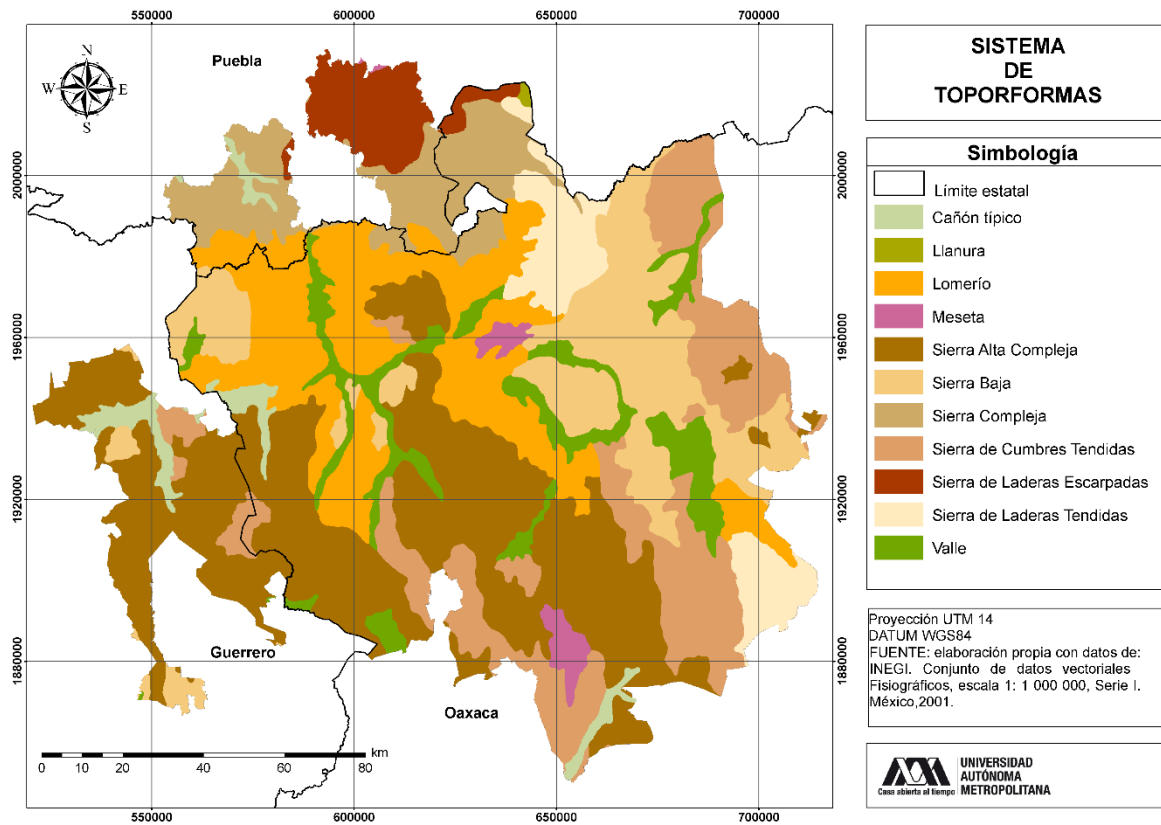


Figura 9. Sistema de topofomas de la región Mixteca, México.

El mapa de topografía (Fig. 10) representa con claridad el relieve descrito a través de las curvas de nivel. Curvas muy juntas indican una pendiente pronunciada y viceversa (Navarro, 2005). Por ejemplo, al sobreponer el mapa de topofomas con el de topografía, se observa que el cañón típico tiene una pendiente más suave a diferencia de la sierra de laderas tendidas, donde las curvas de nivel están más juntas.

El mapa topográfico también permite ubicar los ríos, los cuales tienen una extensión de 3,314 km². Los ríos con mayor longitud son el Mixteco, el Grande y el Verde con 303, 197 y 190 km², respectivamente.

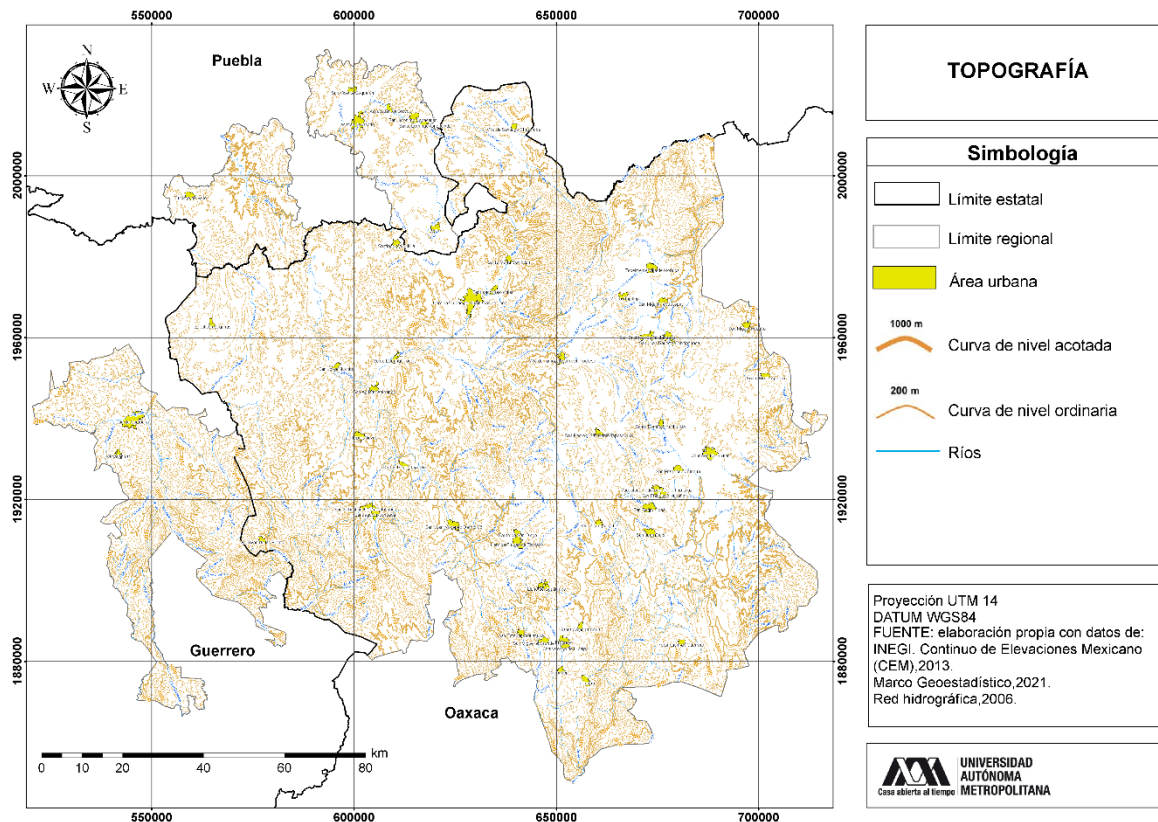


Figura 10. Topografía de la región Mixteca, México.

Dado que el clima está influenciado por la altitud, se explica porque en las zonas más altas de la región Mixteca existen climas del grupo C, que se caracterizan por ser fríos, mientras que en las zonas más bajas se encuentran climas más cálidos (Tabla 6). Por ejemplo, el clima semifrío subhúmedo, que abarca el 0.4% de la región, tiene las temperaturas más bajas, entre 5°C y 12°C, y se encuentra entre las altitudes más elevadas, con una máxima de 3,339 msnm. Sin embargo, el clima predominante en la región es el templado subhúmedo (Fig.11), el cual abarca casi la mitad del territorio con 42.7%, tiene una temperatura media anual de entre 12°C y 18°C, seguido por el clima semicálido subhúmedo que se presenta en el 29% de la región con una temperatura media anual mayor a 18°C; en tercer lugar, se encuentra el clima semiárido cálido con una temperatura media anual mayor a 22°C, este comprende el 13.5% de la superficie. Estos tres climas en conjunto abarcan el 85.2% de la región.

Tabla 6. Clima por grupo y altitud en la región Mixteca, México.

| Grupo y porcentaje | Clima | Temperatura media anual (grados °) | Altitud Mín y Máx (msnm) | Superficie (km ²) | Proporción (%) |
|-----------------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|----------------|
| A: Cálido húmedo 33.1% | Semicálido subhúmedo | >18° | 918 - 2,409 | 5,688 | 29 |
| | Cálido subhúmedo | >22° | 320 - 1,778 | 702 | 3.6 |
| | Cálido húmedo | >22° | 726 - 1,317 | 103 | 0.5 |
| B: Seco 23.8% | Semiárido cálido | >22° | 841 - 2,431 | 2,654 | 13.5 |
| | Semiárido templado | 12° a 18° | 1,424 - 2,756 | 1,507 | 7.7 |
| | Árido cálido | >22° | 822 - 2,849 | 508 | 2.6 |
| C: Templado húmedo 43.1% | Templado subhúmedo | 12° a 18° | 1,334 - 3,279 | 8,366 | 42.7 |
| | Semifrío subhúmedo | 5° a 12° | 2,517 - 3,339 | 76 | 0.4 |
| Total | | | | 19,605 | 100 |

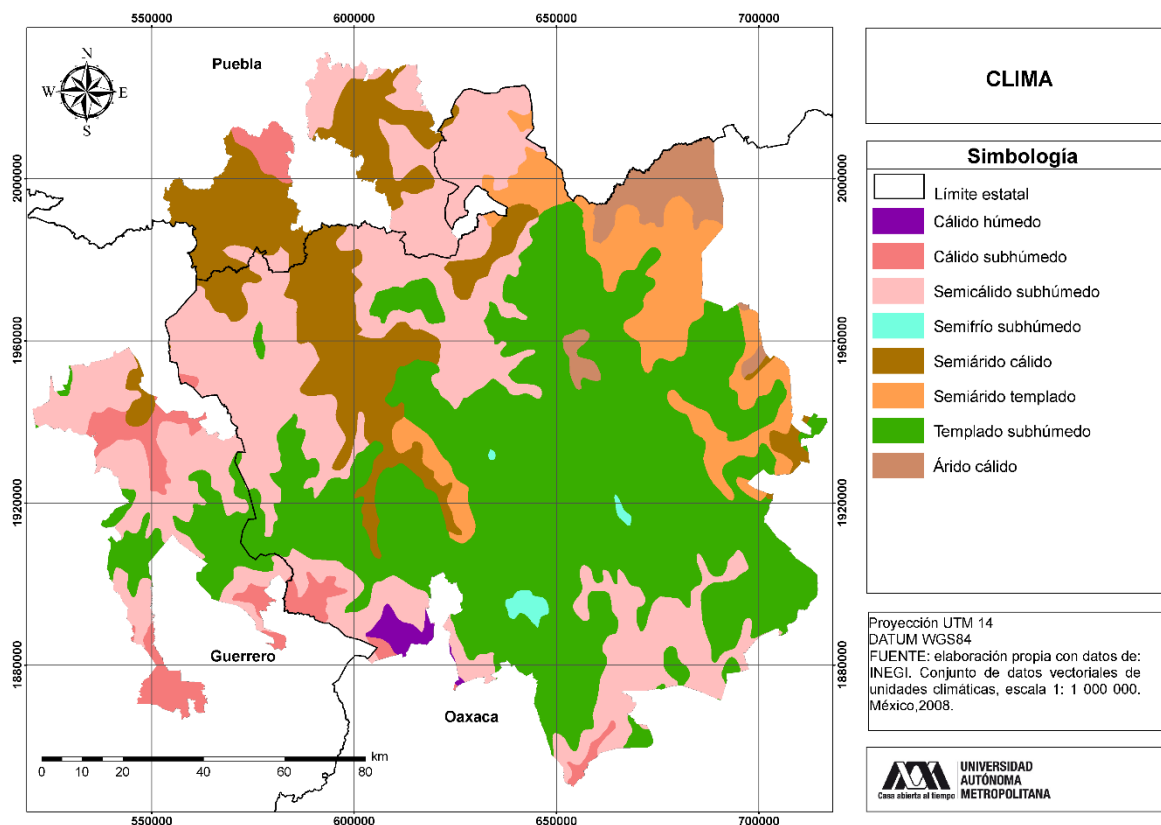


Figura 11. Climas de la región Mixteca, México.

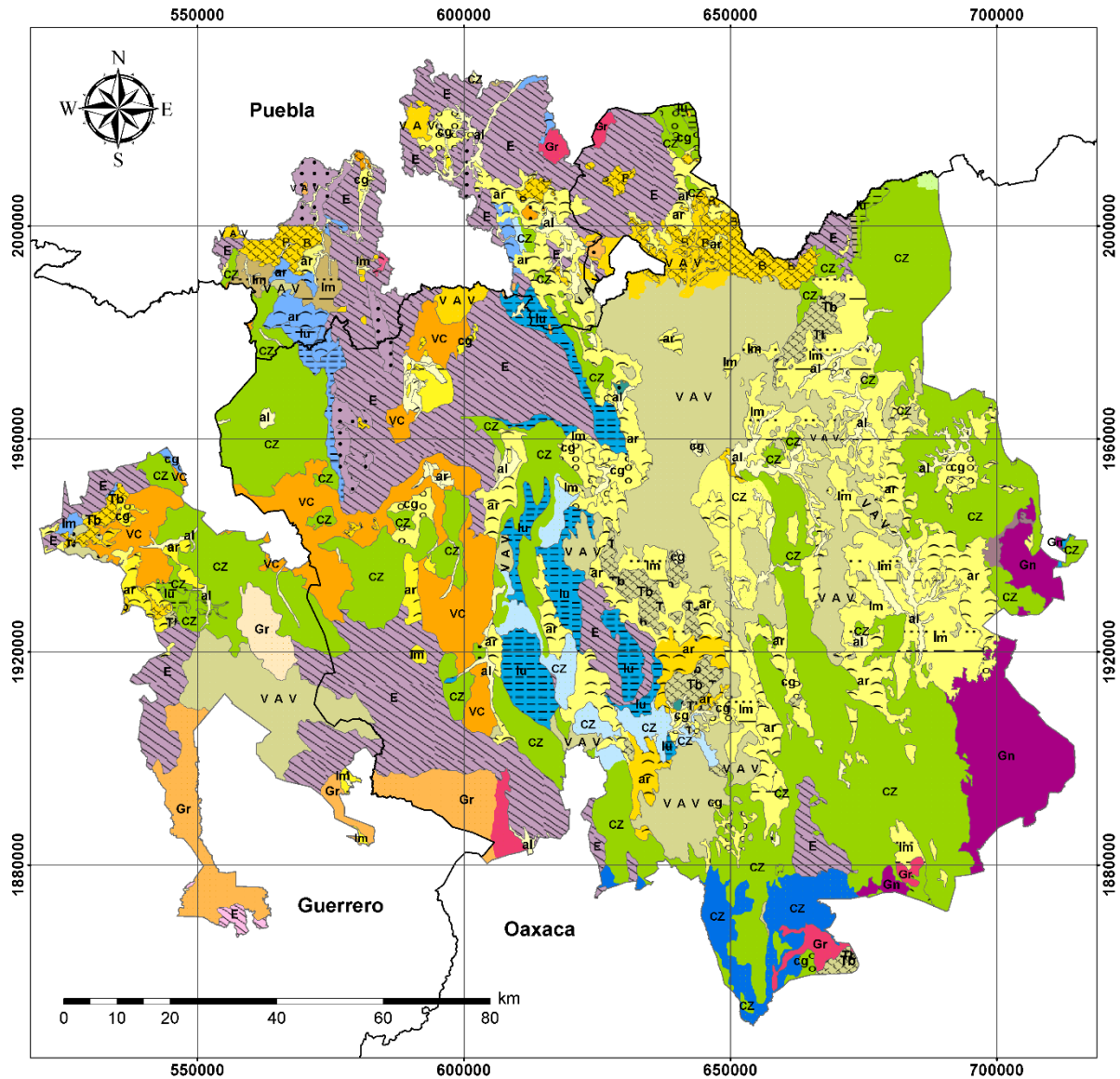
Respecto a la geología, se encontraron tres grupos de rocas, sedimentarias, ígneas y metamórficas (Tabla 7), que se originaron en diferentes eras geológicas (Fig.12). Las rocas sedimentarias se forman a partir de la acumulación de sedimentos y partículas provenientes de la meteorización de otras rocas, por la acumulación de material de origen biológico u otros (Orozco-Centeno et al., 2014). Estas representan el 52.7% de la superficie de la región y se dividen en detríticas, las cuales se crean a partir de la acumulación de partículas de rocas de diversos tamaños, y no detríticas las cuales se originan a partir de los materiales depositados por medios químicos (SGM, 2017). El tipo de roca con mayor representación, la Caliza, pertenece a este último grupo presentándose en el 27.4% de la región. Esta roca suele contener 50% o más de carbonato de calcio (CaCO_3), forman suelos saturados en bases y en climas fríos y húmedos generan suelos arcillosos (UGR, s.f.).

Las rocas ígneas por su parte se forman por el enfriamiento y la solidificación del magma, estas abarcan una superficie del 26.1% en la región y se clasifican en rocas ígneas intrusivas y rocas ígneas extrusivas. Las primeras se crean a partir de la solidificación del magma en el interior de la corteza terrestre, mientras que las segundas se forman cuando el magma es expulsado, generalmente por erupciones volcánicas, y solidificado en la superficie terrestre (Orozco-Centeno et al., 2014). La roca ígnea con mayor porcentaje es la Andesita, la cual es una roca alcalina usualmente con un contenido en sílice (SiO_2) del 50% al 65%, suelen formar suelos arcillosos, duros y con bajo contenido en Materia Orgánica (MO) (Gutiérrez et al., 2016). Esta roca se encuentra en tercer lugar en superficie con 13.7%.

Por último, las rocas metamórficas son el resultado de rocas preexistentes sedimentarias, ígneas o metamórficas, que estuvieron bajo una alta presión y temperatura (Orozco-Centeno, 2014). El Esquisto es un ejemplo de ellas, esta ocupa el segundo lugar en superficie con 17.4%, se caracteriza por ser dura, compacta y de baja porosidad, lo que dificulta su edafización; sin embargo, cuando esta ocurre puede formar suelos saturados en bases y ricos en nutrientes (UGR, s.f.).

Tabla 7. Tipos de roca por grupo en la región Mixteca, México.

| Grupo y porcentaje | Clase | Roca | Superficie (km²) | Proporción (%) |
|---------------------------|------------------------|-----------------|------------------------------------|-----------------------|
| Sedimentaria 52.7% | Detríticas 22.4% | Arenisca | 1,884 | 9.6 |
| | | Limolita | 1,382 | 7.0 |
| | | Lutita | 692 | 3.5 |
| | | Conglomerado | 433 | 2.2 |
| | No detríticas 29.8% | Caliza | 5,372 | 27.4 |
| | | Aluvial | 477 | 2.4 |
| Ígnea 26.1% | Extrusiva 22% | Andesita | 2,691 | 13.7 |
| | | Volcanoclástico | 911 | 4.6 |
| | | Basalto | 366 | 1.9 |
| | | Toba | 346 | 1.8 |
| | Intrusiva 3.8% | Granito | 742 | 3.8 |
| Metamórfica 21.2% | | Esquisto | 3,419 | 17.4 |
| | | Gneis | 642 | 3.3 |
| Otros | | | 249 | 1.3 |
| Total | | | 19,605 | 100 |



| | | SIMBOLOGÍA | | | | | | |
|--------------|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|----------------------|------------------|---------|----|----------|
| | | Roca sedimentaria | Roca ígnea extrusiva | Roca ígnea intrusiva | Roca metamórfica | | | |
| Era/División | Cenozoico | Plioceno | Terciario Oligoceno-Mioceno | Terciario | | | | |
| | | Terciario superior | Terciario superior | | | | | |
| | Terciario inferior | Terciario inferior | | | | | | |
| | Cuaternario | Terciario | | | | | | |
| Mesozoico | Cretácico | Cretácico superior | | Cretácico | | | | |
| | | Cretácico inferior | | | | | | |
| | Jurásico | Jurásico superior | | | Jurásico | | | |
| | | Jurásico medio Jurásico inferior | | | | | | |
| Paleozoico | Paleozoico superior | | Paleozoico | | | | | |
| | Paleozoico | | | | | | | |
| Precámbrico | | | | Precámbrico | | | | |
| Rocas | al | Aluvial | VAV | Andesita | Gr | Granito | E | Esquisto |
| | ar | Arenisca | B | Basalto | Tb | Toba | ● | Otros |
| | CZ | Caliza | VC | Volcanoclástico | | | Gn | Gneis |
| | cg | Conglomerado | | | | | | |
| | Im | Limolita | | | | | | |
| | tu | Lutita | | | | | | |

GEOLOGÍA

Proyección UTM 14
DATUM WGS84
FUENTE: elaboración propia con datos de INEGI. Conjunto de datos vectoriales Geológicos, escala 1:250 000. México, 2001.



Figura 12. Geología de la región Mixteca, México.

La edafología está representada por 10 tipos de suelo (Tabla 8, Fig.13), el predominante es el Leptosol que cubre prácticamente el 50% de la superficie de la región. Las características de los suelos están influenciadas por el relieve, el clima y el tipo de roca, los Leptosoles se desarrollan en zonas montañosas con pendientes pronunciadas, por ende, son suelos poco profundos, pedregosos y susceptibles a la erosión. Se les encuentra en todos los climas (cálidos, secos, templados) y suelen crecer sobre rocas calizas (SEMARNAT, 2013). En la región estos suelos están asociados principalmente a un relieve de sierra de laderas tendidas, en un clima templado subhúmedo y crecen sobre rocas andesitas y calizas. Los tipos de vegetación asociados a este tipo de suelo son el matorral, la selva baja caducifolia y el bosque de encino (INEGI, 2015). Las características de estos suelos dificultan su uso en la agricultura, sin embargo, con las técnicas adecuadas es posible trabajar en ellos, muestra de ello es el uso agrícola que se les da en la región (Fig. 14).

En segundo lugar, por superficie, está representado por el Regosol, con 18.4%, se desarrolla sobre material parental no consolidado y al igual que el Leptosol se encuentra en zonas montañosas y en todos los climas, sin embargo, son particularmente comunes en zonas áridas y semiáridas (SEMARNAT, 2013). En la región los Regosoles se presentan principalmente sobre un relieve de sierra compleja, en clima semicálido subhúmedo y sobre roca esquisto.

En tercer y cuarto lugar en superficie se encuentran los suelos de tipo Luvisol con 14.8% y Phaeozem con 10.7%; se desarrollan sobre material no consolidado, en climas templados y húmedos. Se caracterizan por contener un alto contenido de materia orgánica (MO) lo que los hace ideales para la agricultura. Los Luvisoles son comunes en bosques de coníferas y selvas caducifolias, mientras que en los Phaeozem suelen crecer pastos altos y bosques (SEMARNAT, 2013). Otros suelos presentes en la región con un alto contenido en MO son el Vertisol, el Cambisol y el Fluvisol, que en conjunto con el Luvisol y el Phaeozem abarcan el 31.6% de la superficie.

Tabla 8. Edafología en la región Mixteca, México.

| Suelo | Superficie (km ²) | Proporción (%) |
|----------|-------------------------------|----------------|
| Leptosol | 9,628 | 49.1 |
| Regosol | 3,612 | 18.4 |
| Luvisol | 2,910 | 14.8 |
| Phaeozem | 2,101 | 10.7 |
| Vertisol | 513 | 2.6 |
| Cambisol | 504 | 2.6 |
| Fluvisol | 160 | 0.8 |
| Umbrisol | 109 | 0.6 |
| Gleysol | 38 | 0.2 |
| Calcisol | 31 | 0.2 |
| Total | 19,605 | 100 |

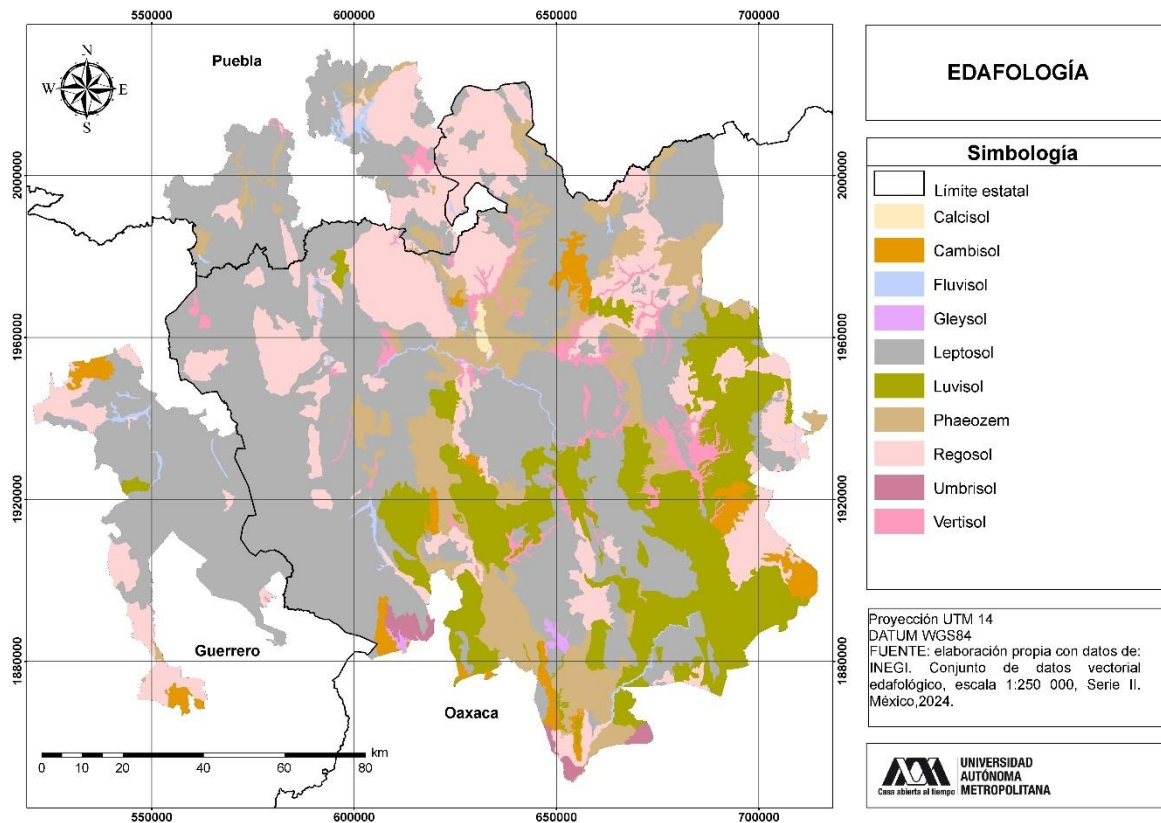


Figura 13. Tipos de suelo de la región Mixteca, México.

Uso de suelo y vegetación en 2018. Para el uso de suelo y vegetación de ese año predominó la cobertura vegetal ocupando 68.4% de la superficie total de la región; sin embargo, como se muestra en el mapa (Fig.14), la vegetación estuvo representada por dos estadios, primaria y secundaria. La vegetación secundaria abarcó la mayor superficie, 52.8%, mientras que la vegetación primaria sólo abarcó el 15.7%.

Se hallaron seis tipos de vegetación principales que son el bosque Mesófilo de Montaña, bosque de Encino, bosque de Pino-Encino, bosque de Táscate, Matorral Xerófilo y la Selva Baja Caducifolia. El tipo de vegetación con mayor representación fue el bosque de Encino con 23.3%, los menos representados fueron el Matorral Xerófilo con 2.8%, el bosque de Táscate con 2% y el bosque Mesófilo de Montaña con 1.1% de la superficie (Fig.15).

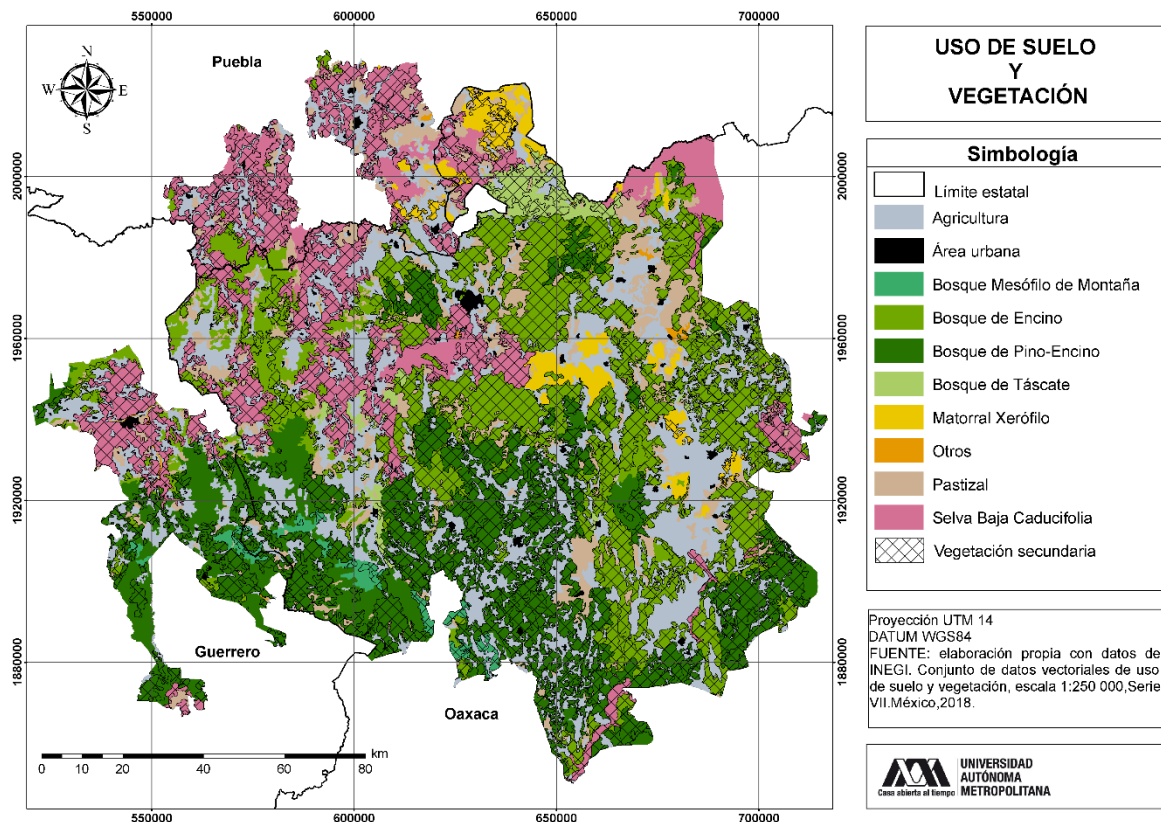


Figura 14. Uso de suelo y vegetación en el año 2018 de la región Mixteca, México.

La vegetación de Encino ocupó 23.3% de la superficie (Fig.15), 3.6% es vegetación primaria y 19.7% vegetación secundaria. Esta vegetación se caracteriza por desarrollarse en zonas montañosas, las asociaciones que tiene con el medio físico (Tabla 9) indican que en la región el Encino crece principalmente sobre roca andesita, en suelos de tipo Leptosol. Se asocia a sierras de laderas tendidas, en una pendiente de 0° a 59°, y se encuentra desde los 923 a 2,919 msnm; el clima donde se desarrolla es el templado subhúmedo con temperaturas de 12° a 18°C.

La vegetación de Pino-Encino ocupó el segundo lugar con 23.1% de la superficie. En este caso 5.6% es de vegetación primaria y 17.4% es de vegetación secundaria. Al igual que el bosque de Encino, el de Pino-Encino se desarrolla en climas templados, sin embargo, crece en altitudes más elevadas, se le encuentra a una altura máxima de 3,339 msnm, con pendientes de 0° a 63°; está asociada a la sierra de laderas tendidas y crece principalmente sobre rocas gneis en suelo del tipo Luvisol.

El uso de suelo con mayor proporción fue la agricultura, ocupó el tercer lugar en superficie con 22%. Está asociada a un relieve de sierra baja en pendiente de 0° a 63°, en una altitud de 408 a 2,920 msnm. También se desarrolla en un clima templado subhúmedo, frecuentemente sobre roca limolita y suelo Leptosol.

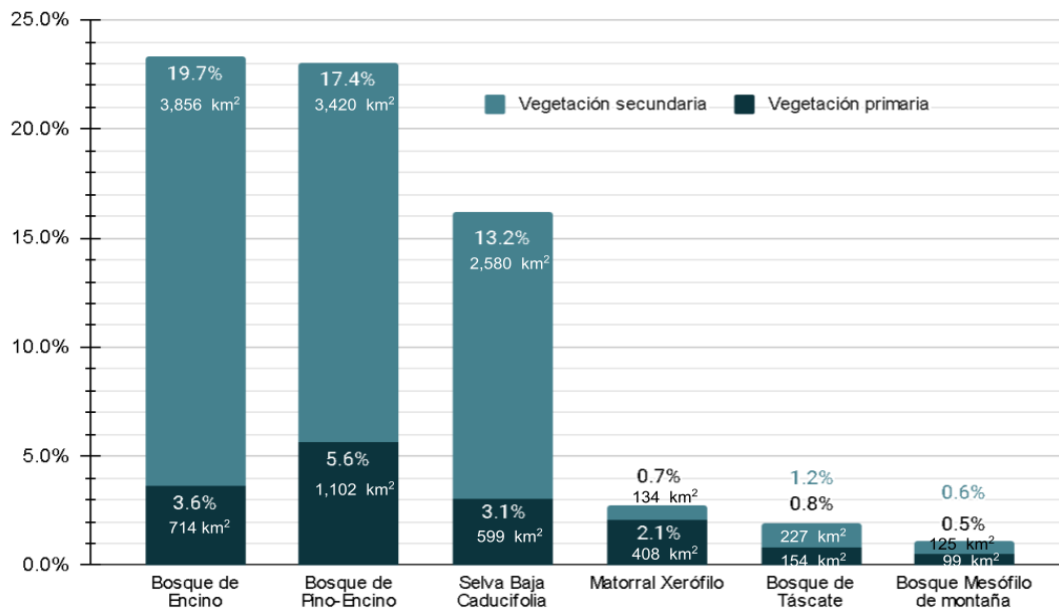


Figura 15. Tipos de vegetación por estadios (primaria y secundaria) en el año 2018, en la región Mixteca, México.

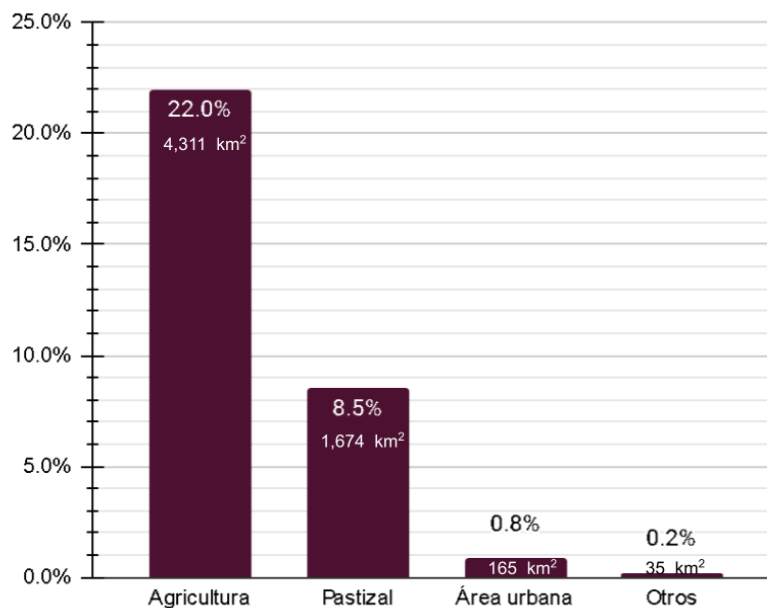


Figura 16. Usos de suelo en el año 2018 en la región Mixteca, México.

Tabla 9. Asociaciones entre el uso de suelo y vegetación y el aspecto físico en la región Mixteca.

| Asociaciones |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Agricultura en sierra baja sobre roca limolita en suelo Leptosol con clima templado subhúmedo en pendiente mínima de 0° y máxima de 63° y altitud de 408 a 2,920 msnm. |
| Bosque de Encino en sierra de laderas tendidas sobre roca esquisto en suelo Leptosol con clima templado subhúmedo en pendiente mínima de 0° y máxima de 52° y altitud de 1,100 a 2,784 msnm. |
| Bosque de Pino-Encino en sierra alta compleja sobre roca caliza en suelo Leptosol con clima templado subhúmedo en pendiente de mínima de 0° y máxima de 57° y altitud de 550 a 3,171 msnm. |
| Bosque Mesófilo de montaña en sierra alta compleja sobre roca esquisto en suelo Leptosol con clima templado subhúmedo en pendiente mínima de 3° y máxima de 56° y altitud de 1,189 a 2,866 msnm. |
| Pastizal en sierra compleja sobre roca esquisto en suelo Regosol con clima semicálido subhúmedo en pendiente mínima de 0° y máxima de 69° y altitud de 358 a 2,892 msnm. |
| Selva Baja Caducifolia en sierra de cumbres tendidas sobre roca caliza en suelo Leptosol con clima árido cálido en pendiente mínima de 0° y máxima de 59° y altitud de 822 a 2,687 msnm. |
| Vegetación secundaria de bosque de Encino en sierra de laderas tendidas sobre roca andesita en suelo Leptosol con clima templado subhúmedo en pendiente de mínima de 0° a 59° y altitud de 923 a 2,919 msnm. |
| Vegetación secundaria de bosque de Pino-Encino en sierra de laderas tendidas sobre roca gneis en suelo Luvisol con clima templado subhúmedo en pendiente mínima de 0° y máxima de 63° y altitud de 406 a 3,339 msnm. |
| Vegetación secundaria de bosque Mesófilo de montaña en sierra de cumbres tendidas sobre roca andesita en suelo Leptosol con clima templado subhúmedo en pendiente mínima de 3° y máxima de 55° y altitud de 1,150 a 2,884 msnm. |
| Vegetación secundaria de Selva Baja Caducifolia en sierra compleja sobre roca esquisto en suelo Leptosol con clima semiárido cálido en pendiente mínima de 0° y máxima de 63° y altitud de 320 a 2,671 msnm. |

5.3 Análisis del estado de la cubierta vegetal de la región Mixteca para el año 2002

Para conocer el estado de la cubierta vegetal del año 2002 se realizó una clasificación de uso de suelo y vegetación utilizando cuatro imágenes del satélite Landsat 7 sensor ETM+, que corresponden al mes de marzo del año 2002. Estas imágenes fueron descargadas del sitio GloVis (Global Visualization Viewer), un sitio proporcionado por la USGS (United States Geological Survey), que brinda datos de teledetección desde el año 2001 (GloVis, s.f.) El

procesamiento de las imágenes satelitales se realizó con el software cartográfico ArcGis Pro.

5.3.1 Corrección topográfica mediante el método de corrección C

Después de realizar la descarga de las imágenes se procedió a su revisión, con esta base se determinó que debido a la topografía accidentada de la región sería necesario someter las imágenes a una corrección topográfica.

Los efectos de iluminación y sombreado causados por la orientación de las laderas frente a la radiación solar aumentan en zonas montañosas y dificultan el proceso de identificación, clasificación y comparación multitemporal de imágenes satelitales (Felicísimo y García-Manteca, 1990). La corrección topográfica pretende reducir las sombras generadas por el relieve, mediante el cálculo del ángulo cenital de flujo incidente ($\cos \gamma_i$) y la compensación de la diferencia de radiación incidente entre vertientes (Chuvienco, 2002).

El $\cos \gamma_i$ valora el efecto de iluminación en la vertiente, se obtiene a través de los datos de cada escena en el momento de su adquisición y de un Modelo Digital de Elevaciones (MDE). Este se obtuvo del Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM) 3.0 (INEGI, 2013) a una resolución de 15 metros (m), pero fue aumentada a 30 m por ser la resolución espacial de las imágenes Landsat utilizadas. Para calcular el ángulo de incidencia se usó la fórmula utilizada por Civco (1989); calculado el $\cos \gamma_i$ se procedió a compensar la diferencia de radiación incidente entre vertientes para cada escena. Para ello se utilizó la ecuación planteada por Teillet et al. (1982), denominada corrección de C. Los valores de la ecuación se obtuvieron siguiendo la metodología establecida por Toledo (2014).

Las bandas corregidas (B1, B2, B3, B4, B5 y B6) para cada escena se unieron en un mosaico para posteriormente generar una composición de bandas con las que se realizó la clasificación de uso de suelo y vegetación.

5.3.1.1 Resultados

La aplicación de la corrección C permitió aplanar el terreno y eliminar las sombras creadas por el relieve en la región Mixteca (Fig. 17).

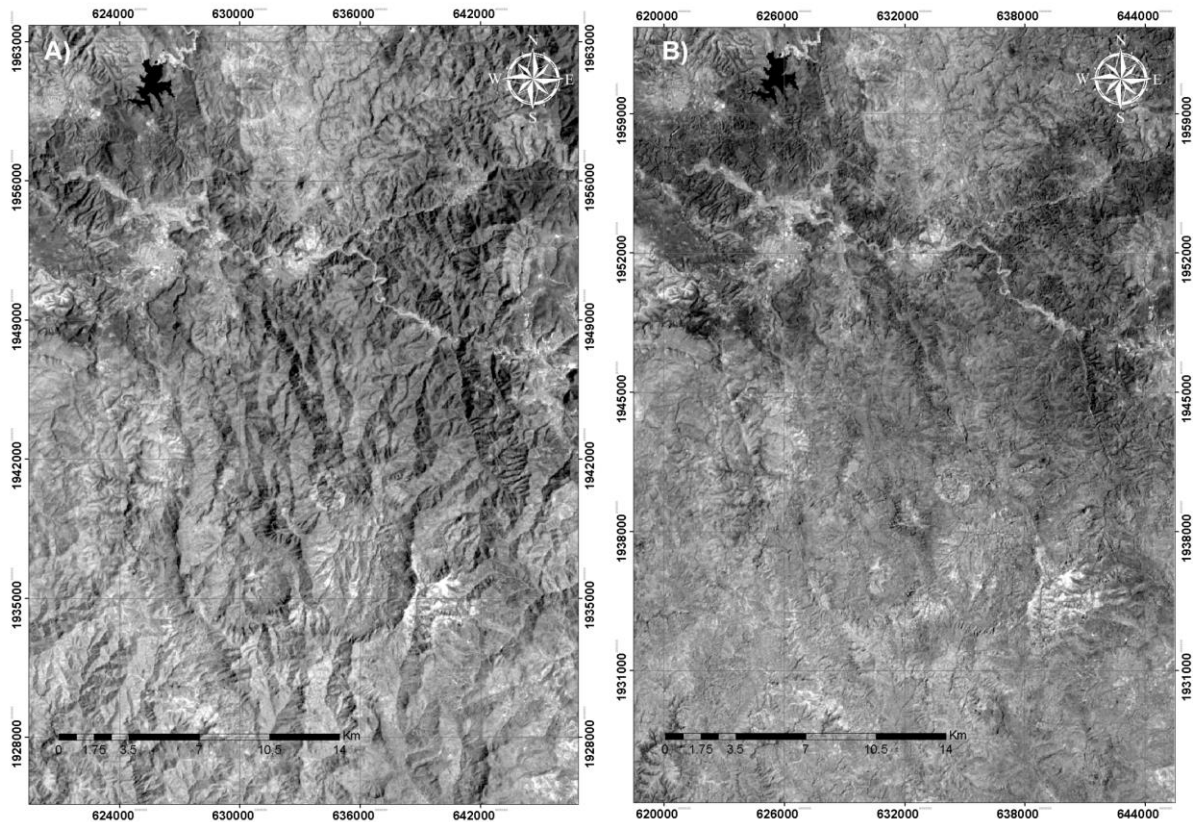


Figura 17. Banda 4 (B4) correspondiente a una zona de la región Mixteca A) sin corrección topográfica y B) con corrección topográfica.

5.3.2 Clasificación de uso de suelo y vegetación

El proceso de clasificación estuvo dividido en seis fases que fueron: 1) definición de las clases de uso de suelo y vegetación, 2) recopilación de áreas de entrenamiento, 3) análisis de la separabilidad de las categorías, 4) generación del mapa de índice de vegetación normalizada (NDVI), 5) clasificación con el algoritmo Random Trees y 6) validación de la clasificación.

Se definieron 14 clases de uso de suelo y vegetación. La cobertura vegetal primaria y secundaria estuvo representada por: bosque de Pino-Encino, bosque de Encino, bosque Mesófilo de montaña y Selva Baja Caducifolia. Los usos del suelo por la agricultura de riego, la agricultura de temporal y el pastizal, el área urbana, el cuerpo de agua, y las zonas sin vegetación aparente. Estas clases fueron definidas con ayuda de la carta de uso de suelo y vegetación de INEGI (2005).

Debido al conocimiento previo que se tiene de la zona la clasificación utilizada fue de tipo supervisada (Chuvieco, 2002). Para cada una de las categorías se realizaron áreas de entrenamiento a través de polígonos, finalizado este proceso se realizó un análisis de la separabilidad espectral entre las clases. Con el fin de lograr una mejora en la diferenciación de las categorías se calculó el índice de vegetación normalizada (NDVI), el cual fue integrado

a la composición de bandas realizada en la corrección topográfica. Posteriormente se realizó la clasificación con el algoritmo Random Trees, el cual crea árboles de decisión a partir de diferentes muestras y toma su voto mayoritario para decidir la clasificación, lo que permite que el resultado de la clasificación sea más fiable (Breiman, 2001).

Para la validación de la clasificación se realizó una matriz de confusión, la cual permitió conocer la exactitud conseguida para cada una de las categorías, así como saber la precisión y confiabilidad global de la clasificación a través del índice Kappa (Chuvienco, 2002). Este índice es una medida de la diferencia entre la exactitud lograda en la clasificación con un software y la exactitud de lograr una clasificación correcta con una clasificación visual obtenida en campo o con imágenes de alta resolución (Llactayo et al., 2014). Tiene valor de 0 a 1, donde más cercano a 1 significa un acuerdo pleno entre la realidad y el mapa, es decir mayor confiabilidad de la clasificación, mientras que un valor cercano a 0 indica que el acuerdo observado es puramente debido al azar (Chuvienco, 2002; Landis y Koch, 1977).

Para realizar la matriz de confusión se requiere de una comparación con datos externos que representen con cercanía la realidad del uso de suelo y vegetación al momento de obtener la imagen para validar la clasificación (Chuvienco, 2002). Por ello, los resultados se compararon con un mapa de uso de suelo y vegetación generado por INEGI para el año 2005, ante la ausencia de un mapa temático para el año 2002, a escala 1:250,000, el uso de este mapa para la validación se complementó con la composición de imágenes satelitales en falso color, lo que permitió validar aquellas categorías que por la escala no se lograron definir con claridad con el mapa de INEGI.

5.3.2.1 Resultados

La clasificación de uso de suelo y vegetación para el año 2002 indica que más de la mitad de la superficie de la región Mixteca presentó cobertura vegetal, 63.4% (Fig. 18), sin embargo, 43.6% fue de vegetación secundaria y 19.8% de vegetación primaria. La vegetación con mayor superficie fue el bosque de Pino-Encino con 23.2%, del cual 17.7% fue de vegetación secundaria y 5.4% de vegetación primaria (Fig. 19).

El uso de suelo con mayor proporción fue la agricultura de temporal y pastizal, la cual ocupó el segundo lugar en superficie con 21.5%; mientras que los usos de suelo con menor representación fueron la agricultura de riego y el área urbana con 0.3% para cada una (Fig. 20). Es importante observar que existió 2% de superficie sin vegetación aparente, equivalentes a 400 km², que estuvo ubicado en la zona noreste de la región de estudio (Fig.18; Fig.20).

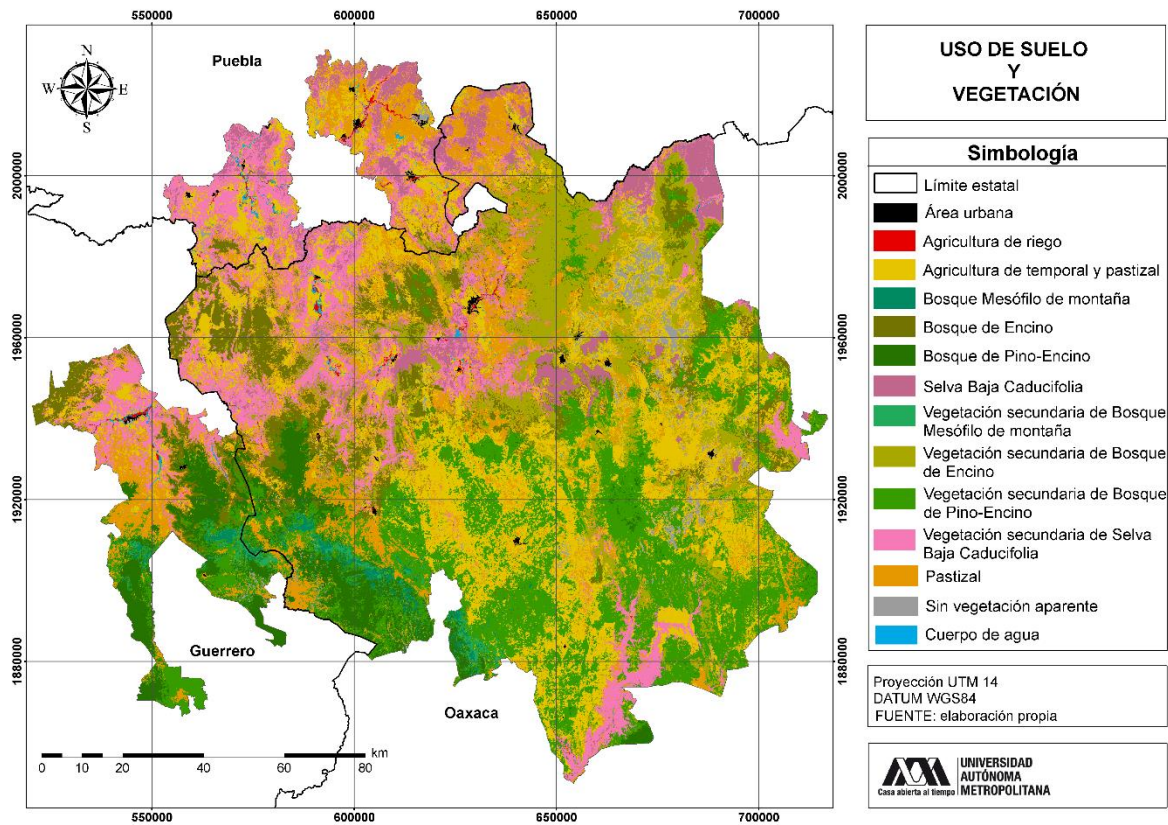


Figura 18. Uso de suelo y vegetación en el año 2002 de la región Mixteca, México.

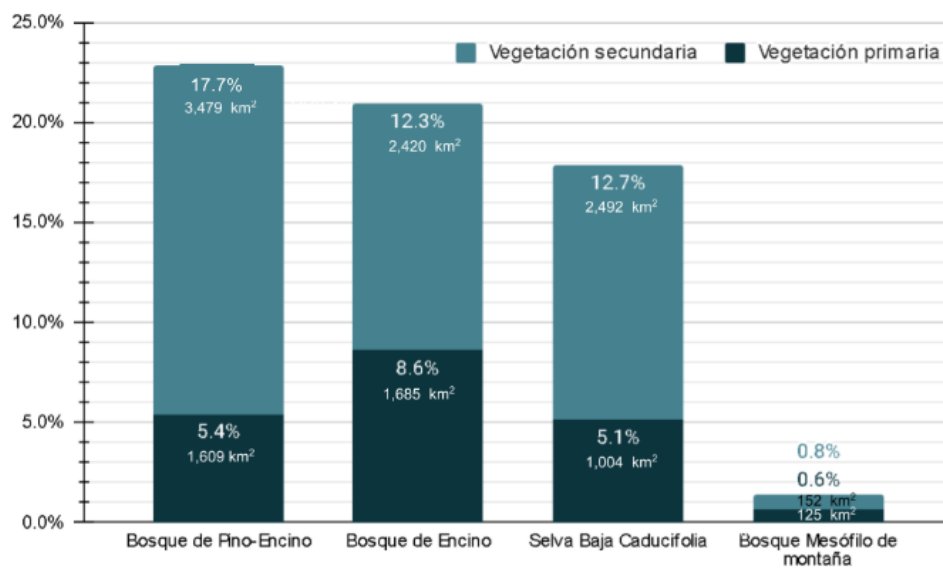


Figura 19. Tipos de vegetación por estadios (primaria y secundaria) en el año 2002, en la región Mixteca, México.

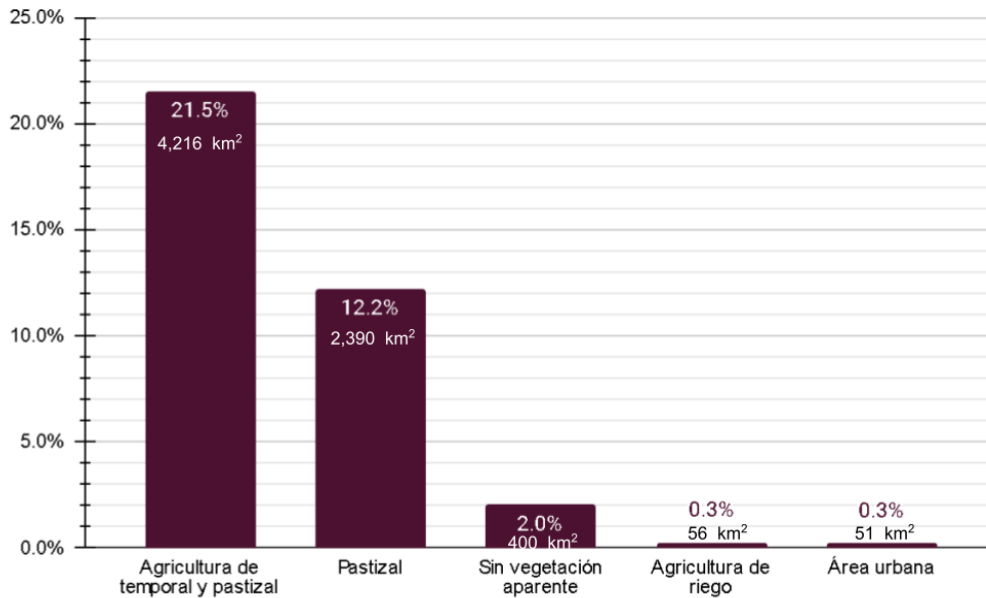


Figura 20. Usos de suelo en el año 2002, en la región Mixteca, México.

La validación de la clasificación con el índice de Kappa dio un valor de 0.69, lo que indica que el mapa clasificado es un 69% mejor de lo esperable al azar (Chuvieco, 2002). De acuerdo con la escala de Landis y Koch (1977), este valor indica que la clasificación realizada tiene una concordancia considerable o sustancial.

Reflexiones sobre el uso de suelo y vegetación en la región Mixteca. Aunque se requiere de un análisis de uso de suelo y vegetación actual para realizar una comparación precisa del análisis de cambio de la región Mixteca, de manera general se observa que la cobertura vegetal incrementó: en 2002 fue de 63.4% y para 2018 se obtuvo que 68.4% del territorio presentó cobertura vegetal, es decir incrementó un 5%, lo que sugiere que se ha presentado la regeneración de la vegetación.

Por otro lado, llama la atención que la superficie clasificada como sin vegetación aparente en el año 2002 coincide con lo que INEGI en el año 2018 identificó como un uso de suelo agrícola, esto podría sugerir que el lugar estuvo en periodo de descanso o barbecho.

5.4 Trabajo en campo en dos municipios del estado de Guerrero

Del 22 al 26 de abril del año 2024 como parte de la evaluación del impacto de las acciones de restauración ambiental realizadas en la mixteca guerrerense, se participó en la verificación en campo de una parcela intervenida con acciones de rehabilitación por el proyecto, ubicada en la localidad de Barranca del Otate, Guerrero. También se brindó apoyo a estudiantes para reconocer los aspectos físicos y bióticos como tipo de relieve, geología, edafología, uso de suelo y vegetación del municipio de Tlapa de Comonfort, Guerrero. Esto se realizó con ayuda

de la cartografía generada por el proyecto y el uso de GPS (Fig. 21). Como resultado se obtuvieron datos útiles para el reconocimiento de la zona en campo.

También se participó en la realización de muestreos de vegetación con el fin de evaluar el impacto de las acciones de restauración generadas por el proyecto en la localidad de Las Mesitas, ubicada en el municipio de Alcozauca de Guerrero, Gro. El tipo de muestreo utilizado fue el sistemático con área. En este se trazaron cuadrantes de 6x6 y de 2x1 m para conocer las especies, la frecuencia y la cobertura del estrato leñoso y herbáceo. Como resultado se realizaron tres cuadrantes y se obtuvieron colectas para la posterior identificación taxonómica de los ejemplares.



Figura 21. Verificación de acciones de rehabilitación en la localidad de Barranca del Oate, Guerrero.

6. Impactos de las actividades del servicio social sobre el proyecto de adscripción

La verificación de la regionalización a través de los censos contribuyó a la actualización de los municipios que pertenecen a la región Mixteca, esto permitió conocer que 10 municipios ya no cumplían con el criterio establecido para formar parte de la región, aunado a ello el mapa y la tabla creada permitieron identificar con mayor claridad la ubicación de la región y los municipios que la integran. La información generada sobre el aspecto social, como número de habitantes por edad y sexo, así como la Población Económicamente Activa (PEA) y la Población No Económicamente Activa (PNEA) contribuyeron al avance de la caracterización social de la región, uno de los objetivos establecidos por el proyecto de adscripción.

Las actividades realizadas también contribuyeron al avance en los objetivos particulares del proyecto referentes al aspecto ecológico, específicamente los relacionados con la caracterización del medio físico-biótico y el análisis de cambio de uso de suelo y vegetación de la región Mixteca. Por un lado, el diagnóstico del medio físico-biótico permitió conocer los aspectos de edafología, clima, altitud, pendiente, topofomas, hidrografía, geología, además

de las asociaciones de la vegetación con el aspecto físico, lo cual fue importante para tener un primer acercamiento sobre las características generales de la región Mixteca. La clasificación de uso de suelo y vegetación para el año 2002 por su parte, se realizó con la intención de conocer el estado de la región Mixteca antes de que las instituciones gubernamentales y las asociaciones civiles realizaran reforestaciones, por lo que esta clasificación servirá como punto de partida para realizar los análisis de cambio de uso de suelo y vegetación con años posteriores, objetivo establecido en el proyecto con el fin de evaluar la efectividad de las acciones de restauración realizadas en la región.

Por último, el trabajo en campo contribuyó en la evaluación y seguimiento del impacto de las acciones de restauración ambiental realizadas en dos localidades de la mixteca guerrerense: Alcozauca de Guerrero y Barranca del Otate. Adicionalmente se pudo obtener información sobre las necesidades e inquietudes de las personas involucradas en el proyecto.

7. Aprendizajes y habilidades obtenidas

Las actividades realizadas en el servicio social ayudaron a consolidar muchos de los conocimientos obtenidos en la carrera. Por un lado, la verificación de la región Mixteca permitió tener un mejor entendimiento del proceso para realizar una regionalización, asimismo el uso de los censos para cumplir con este objetivo permitió profundizar en su manejo y aplicación.

Por otro lado, las actividades relacionadas con el uso de SIG requirieron de una preparación previa para saber utilizarlos, la realización de cursos en línea de “Land in Focus: Basics of Remote Sensing” y los cursos proporcionados por el programa ArcGis Pro brindaron conocimientos teóricos básicos de teledetección a través del estudio de temas como cartografía y diseño, administración, edición y análisis de datos, así como distintas herramientas útiles para teledetección. Con estos cursos y la guía de libros fue posible adquirir nuevos conocimientos y habilidades técnicas para lograr los objetivos de caracterización y clasificación de uso de suelo y vegetación.

El trabajo en campo permitió conocer y aplicar métodos y ejercicios necesarios para la evaluación y seguimiento de la restauración, tales como los muestreos de vegetación, colecta de vegetación y verificación en campo del uso de suelo y vegetación de las parcelas intervenidas. Estas actividades se hicieron en conjunto con los alumnos del telebachillerato de Tlapa de Comonfort integrados al proyecto, por lo que estas acciones también contribuyeron a aprender a coordinar, guiar y enseñar. Por último, en campo se comprendió con mayor profundidad la importancia de los actores sociales para la resolución de las problemáticas ambientales.

8. Fundamento de las actividades del servicio social

El proyecto de Evaluación de Acciones de Restauración Ambiental en Sistemas Socio-Ecológicos de la Región Mixteca en los Estados de Guerrero, Oaxaca y Puebla, México, tiene como objetivo evaluar la efectividad de las intervenciones de restauración ambiental realizadas hace más de una década en los sistemas socio ecológicos de la región Mixteca. El cumplimiento de este objetivo requiere de planeación ambiental, un proceso holístico que busca la resolución de problemáticas ambientales. La planeación implica definir objetivos, conocer la zona a intervenir a través de un diagnóstico, definir una metodología, ejecutar lo planteado y debe “terminar” con la evaluación y seguimiento de la estrategia llevada a cabo (Pavlikakis y Tsihrintzis, 2000).

Los dos últimos módulos de la carrera correspondientes a Análisis de Sistemas Ecológicos y Análisis y Planeación Ambiental establecen las bases para que el alumno conozca el proceso y la importancia de la planeación ambiental. Las actividades realizadas durante el servicio social, tales como el diagnóstico físico-biótico y la clasificación de uso de suelo de la región Mixteca se vinculan con el plan de estudios de la Licenciatura porque formaron parte de dos procesos de planeación ambiental correspondientes a la primera fase relacionada con la caracterización y la última fase relacionada con la evaluación.

Por otro lado, las actividades realizadas se vinculan con la misión de la UAM-X al permitir participar y dar conocimiento a los egresados sobre la importancia del “diagnóstico, gestión y planeación del uso, conservación y restauración de los recursos naturales” (UAM, s.f.). Al permitir que los alumnos se integren en estos procesos a través de proyectos de servicio social se contribuye a la formación de profesionales críticos capaces de evaluar estrategias de manejo de los recursos naturales (UAM, s.f.).

9. Referencias

Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5-32.

<https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>

Carabias, J., Arriaga, V. y Cervantes, V. (2007). Las políticas públicas de la restauración ambiental en México: limitantes, avances, rezagos y retos. *Boletín de la Sociedad Botánica en México*, 80: 85-100.

Cervantes, V., Arriaga, V. y Carabias, J. (1996). La problemática socioambiental e institucional de la reforestación en la región de la Montaña de Guerrero, México. *Boletín de la Sociedad Botánica en México*, 59:67-80.

- Cervantes, V., Carabias, J. y Arriaga, V. (2008). Cap. 4 Evolución de políticas públicas en restauración ambiental. En *Capital Natural de México, vol. III: Políticas Públicas y Perspectivas de Sustentabilidad* (pp. 155-218). México, Ciudad de México: CONABIO.
- Cervantes, V., Gama, J.E., Roldán, I.E. y Hernández, G. (2014). Basis for implementing restoration strategies: San Nicolás Zoyatlán social-ecological system (Guerrero, México). *Terra Latinoamericana*, 32: 143-159.
- Chuvieco, E. (2002). *Teledetección ambiental: La observación de la Tierra desde el espacio*. España: Ariel.
- Civco, D.L. (1989). Topographic Normalization of Landsat Thematic Mapper Digital Imagery. *Photogrammetric Engineering And Remote Sensing*, 55: 1303-1309.
- Coordinación General del Comité Estatal de Planeación para el Desarrollo de Oaxaca (COPLADE). (2020). Diagnóstico: Plan de Desarrollo Regional Mixteca. México: Gobierno del Estado de Oaxaca.
- Felicísimo, A.M. y García-Manteca, P. (1990). Corrección del efecto topográfico en las imágenes Landsat mediante el uso de un modelo digital de elevaciones. Recuperado el 15 de agosto 2024, de <https://www6.uniovi.es/~feli/SIG/IIIRC89-1.html>
- Global Visualisation Viewer (Glovis). (s.f.). Glovis. Recuperado el 15 de agosto 2024, de <https://glovis.usgs.gov/>
- Gutiérrez, M.C., Ortiz, C.A., Fernández, B.S., Gutiérrez, E.V. y González, T. (2016). Los suelos del área de influencia del Códice de Santa María Asunción y su representación pictórica. *Terra Latinoamericana*, 35:101-111.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2005). Uso de suelo y vegetación. Recuperado el 20 de julio 2024, de <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/#descargas>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2013). Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM). Recuperado el 25 de abril 2024, de <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2015). *Guía para la interpretación cartográfica: edafología, escala 1:250,000, serie III*. México: INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). Censo de Población y Vivienda 2020. Recuperado el 15 de abril 2024, de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). Marco Geoestadístico. Recuperado el 20 de marzo 2024, de <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/>
- Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (INPI). (2018). Etnografía del pueblo mixteco-Ñuu savi. Recuperado el 3 de julio 2024, de <https://www.gob.mx/inpi/articulos/etnografia-del-pueblo-mixteco-nuu-savi>
- Landis, J.R. y Koch, G.G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33: 159-74.
- Llactayo, W., Salcedo, K. y Victoria, E. (2014). *Protocolo de evaluación de la exactitud temática del mapa de deforestación*. Perú: Dirección General de Ordenamiento Territorial (DGOT).
- Mindek, D. (2003). Mixtecos. Recuperado el 5 de agosto 2024, de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/11727/mixtecos.pdf>
- Navarro, S. (2005). *Dibujo y geometría descriptiva II*. Nicaragua: UNI-NORTE.
- Orozco-Centeno, W. P., Branch, J. W. y Jiménez-Builes, J. A. (2014). Clasificación de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas en secciones delgadas a través de programación estructurada. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 36:5-9.
- Pavlikakis, G.E. y Tsihrintzis, V.A. (2000). Ecosystem management: a review of a new concept and methodology. *Water Resources Management*, 14:257-283.
- Sarmiento-Silva, S. (2000). *Mixtecos de Guerrero*. Proyecto perfiles Indígenas de México, Documento de trabajo.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2013). Cap.3 Suelos. En *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México* (pp. 119-152). México: SEMARNAT.
- Servicio Geológico Mexicano (SGM). (2017). Rocas sedimentarias. Recuperado el 23 de noviembre 2024, de <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Rocas-sedimentarias.html>
- Teillet, P. M., Guindon, B., y Goodenough, D. G. (1982). On the Slope-Aspect Correction of Multispectral Scanner Data. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 8(2): 84-106.
- Toledo, A.D. (2014). *Dinámica del paisaje y factores causales de cambio en la zona cálida de la región de la montaña de Guerrero* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma Metropolitana, México.
- Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). (s.f). Misión, visión y objetivos de la Licenciatura en Biología, unidad Xochimilco. Recuperado el 23 de enero 2024, de

<http://www2.xoc.uam.mx/ofertaeducativa/divisiones/cbs/licenciaturas-posgrados/pplic/biologia/perfil1/>

Universidad de Granada (UGR). (s.f.). Esquistos. Recuperado el 23 de noviembre 2024, de http://edafologia.ugr.es/programas_suelos/practgen/factform5/esquistos.htm#:~:text=esquistos&text=Rocas%20metam%C3%B3rficas%20de%20bajo%20a,cierta%20resistencia%20a%20la%20edafizaci%C3%B3n

10. ANEXOS. Municipios que integran a la región Mixteca, por estado, con clave de INEGI.

Tabla 1. Municipios que componen a la mixteca oaxaqueña.

| Oaxaca | |
|---------------|-------------------------------------|
| Clave | Municipio |
| 004 | Asunción Cuyotepeji |
| 006 | Asunción Nochixtlán |
| 010 | San Antonio Acutla |
| 011 | Calihualá |
| 016 | Coicoyán de las Flores |
| 018 | Concepción Buenavista |
| 020 | Constancia del Rosario |
| 022 | Cosoltepec |
| 026 | Chalcatongo de Hidalgo |
| 032 | Fresnillo de Trujano |
| 034 | Guadalupe de Ramírez |
| 039 | Heroica Ciudad de Huajuapán de León |
| 046 | Magdalena Jaltepec |
| 047 | Santa Magdalena Jicotlán |
| 050 | Magdalena Peñasco |
| 054 | Magdalena Zahuatlán |
| 055 | Mariscala de Juárez |
| 065 | Ixpantepec Nieves |
| 081 | San Agustín Atenango |
| 086 | San Agustín Tlacotepec |
| 089 | San Andrés Dinicuiti |
| 093 | San Andrés Lagunas |
| 094 | San Andrés Nuxiño |
| 096 | San Andrés Sinaxtla |
| 099 | San Andrés Tepetlapa |
| 105 | San Antonino Monte Verde |
| 110 | San Antonio Sinicahua |
| 119 | San Bartolomé Yucuañe |
| 121 | San Bartolo Soyaltepec |
| 127 | San Cristóbal Amoltepec |
| 129 | San Cristóbal Suchixtlahuaca |
| 133 | San Esteban Atlatlahuca |
| 140 | San Francisco Chindúa |
| 144 | San Francisco Jaltepetongo |
| 147 | San Francisco Nuxaño |
| 151 | San Francisco Teopan |
| 152 | San Francisco Tlapancingo |
| 160 | San Jerónimo Silacayoapilla |
| 164 | San Jorge Nuchita |
| 165 | San José Ayuquila |
| 172 | San Juan Achiutla |
| 176 | San Juan Bautista Coixtlahuaca |
| 181 | San Juan Bautista Suchitepec |
| 183 | San Juan Bautista Tlachichilco |
| 186 | San Juan Cieneguilla |
| 195 | San Juan Diuxi |
| 199 | San Juan Ihualtepec |
| 208 | San Juan Mixtepec |
| 209 | San Juan Mixtepec. |
| 210 | San Juan Ñumí |
| 215 | San Juan Sayultepec |
| 217 | San Juan Tamazola |
| 218 | San Juan Teita |
| 221 | San Juan Teposcolula |
| 224 | San Juan Yucuita |
| 230 | San Lorenzo Victoria |
| 237 | San Marcos Arteaga |
| 239 | San Martín Huamelúlpam |
| 240 | San Martín Itunyoso |
| 242 | San Martín Peras |
| 245 | San Martín Zacatepec |
| 250 | San Mateo Etlatongo |
| 251 | San Mateo Nejápam |
| 252 | San Mateo Peñasco |
| 255 | San Mateo Sindihui |
| 256 | San Mateo Tlapiltepec |
| 258 | San Miguel Achiutla |
| 259 | San Miguel Ahuehuetitlán |
| 261 | San Miguel Amatitlán |
| 264 | San Miguel Chicahua |
| 269 | San Miguel el Grande |
| 270 | San Miguel Huautla |
| 274 | San Miguel Piedras |
| 281 | San Miguel Tecomatlán |
| 283 | San Miguel Tequixtepec |
| 286 | San Miguel Tlacotepec |
| 287 | San Miguel Tulancingo |
| 290 | San Nicolás Hidalgo |
| 297 | San Pablo Tijaltepec |

| Oaxaca | |
|---------------|-----------------------------------|
| Clave | Municipio |
| 304 | San Pedro Coxcaltepec Cántaro |
| 317 | San Pedro Mártir Yucuxaco |
| 320 | San Pedro Molinos |
| 321 | San Pedro Nopala |
| 329 | San Pedro Teozacoalco |
| 331 | San Pedro Tidaá |
| 332 | San Pedro Topiltepec |
| 339 | San Pedro y San Pablo Teposcolula |
| 340 | San Pedro y San Pablo Tequixtepec |
| 341 | San Pedro Yucunama |
| 346 | San Sebastián Nicananduta |
| 348 | San Sebastián Tecomaxtlahuaca |
| 352 | San Simón Zahuatlán |
| 370 | Santa Catarina Tayata |
| 371 | Santa Catarina Ticuá |
| 372 | Santa Catarina Yosonotú |
| 373 | Santa Catarina Zapoquila |
| 376 | Santa Cruz de Bravo |
| 379 | Santa Cruz Nundaco |
| 381 | Santa Cruz Tacache de Mina |
| 382 | Santa Cruz Tacahua |
| 383 | Santa Cruz Tayata |
| 395 | Santa María Apazco |
| 397 | Heroica Ciudad de Tlaxiaco |
| 400 | Santa María Camotlán |
| 404 | Santa María Chachoápam |
| 405 | Villa de Chilapa de Díaz |
| 408 | Santa María del Rosario |
| 422 | Santa María Nativitas |
| 423 | Santa María Nduayaco |
| 430 | Santa María Tataltepec |
| 444 | Santa María Yolotepec |
| 445 | Santa María Yosoyúa |
| 446 | Santa María Yucuhiti |
| 451 | Santiago Apoala |
| 455 | Santiago Ayuquillilla |
| 456 | Santiago Cacaloxtepec |
| 459 | Villa de Santiago Chazumba |
| 461 | Santiago del Río |
| 462 | Santiago Huajolotitlán |

| | |
|-----|------------------------------------------------------------------------------|
| 463 | Santiago Huaucuililla |
| 464 | Santiago Ihuitlán Plumas |
| 469 | Santiago Juxtlahuaca |
| 476 | Santiago Miltepec |
| 479 | Santiago Nejapilla |
| 481 | Santiago Nuyoó |
| 484 | Santiago Tamazola |
| 486 | Villa Tejúpam de la Unión |
| 488 | Santiago Tepetlapa |
| 492 | Santiago Tilantongo |
| 493 | Santiago Tillo |
| 499 | Santiago Yolomécatl |
| 500 | Santiago Yosondúa |
| 501 | Santiago Yucuyachi |
| 510 | Santo Domingo Ixcatlán |
| 511 | Santo Domingo Nuxaá |
| 518 | Santo Domingo Tlatayápam |
| 520 | Santo Domingo Tonalá |
| 521 | Santo Domingo Tonaltepec |
| 523 | Santo Domingo Yanhuitlán |
| 524 | Santo Domingo Yodohino |
| 528 | Santos Reyes Tepejillo |
| 529 | Santos Reyes Yucuná |
| 532 | Santo Tomás Ocotepec |
| 536 | San Vicente Nuñú |
| 537 | Silacayoápam |
| 540 | Villa de Tamazulápam del Progreso |
| 547 | Teotongo |
| 548 | Tepelmeme Villa de Morelos |
| 549 | Heroica Villa Tezoatlán de Segura y Luna, Cuna de la Independencia de Oaxaca |
| 552 | Tlacotepec Plumas |
| 556 | La Trinidad Vista Hermosa |
| 562 | Magdalena Yodocono de Porfirio Díaz |
| 564 | Yutanduchi de Guerrero |
| 567 | Zapotitlán Lagunas |
| 568 | Zapotitlán Palmas |
| 569 | Santa Inés de Zaragoza |

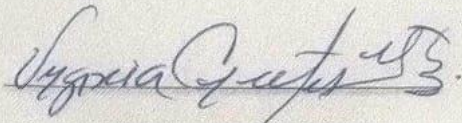
Tabla 2. Municipios que integran a la Mixteca poblana.

| Puebla | |
|---------------|-------------------------|
| Clave | Municipio |
| 003 | Acatlán |
| 055 | Chila |
| 112 | Petlalcingo |
| 113 | Piactla |
| 127 | San Jerónimo Xayacatlán |
| 155 | Tecomatlán |
| 191 | Tulcingo |
| 196 | Xayacatlán de Bravo |

Tabla 3. Municipios que componen a la Mixteca guerrerense.

| Guerrero | |
|-----------------|--------------------------|
| Clave | Municipio |
| 004 | Alcozauca de Guerrero |
| 009 | Atlamajalcingo del Monte |
| 043 | Metlatónoc |
| 066 | Tlapa de Comonfort |
| 069 | Xalpatláhuac |

Firma de los asesores del informe final de servicio social titulado como "Participación en actividades relacionadas con la evaluación de estrategias para la restauración ambiental de la Región Mixteca, correspondiente a los estados de Oaxaca, Puebla y Guerrero, México".



VoBo. Asesora, UAM-X

Dra. María Virginia Cervantes Gutiérrez

No. económico 34406



VoBo. Asesor, UAM-I

Mtro. Gilberto Hernández Cárdenas

No. económico 23198