



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO**

**DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE**

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

**PLAN, PROGRAMA O PROYECTO EN EL QUE SE PARTICIPÓ:
*PLANIFICACIÓN AMBIENTAL Y PROVISIÓN
DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS***

**INFORME DE CONCLUSIÓN DE SERVICIO SOCIAL
POR ACTIVIDADES RELACIONADAS CON LA PROFESIÓN**

**“Diagnóstico de la distribución, disponibilidad y
accesibilidad a espacios verdes públicos en la
ciudad de Oaxaca, México”**

QUE PRESENTA LA ALUMNA

Dulce María Hernández Arroyo

Matrícula: 2192031611

ASESORES INTERNOS

**Mtro. en SIG. Gilberto Sven Binnqüist Cervantes
No. Económico: 20032**

**Dr. Juan José Von Thaden Ugalde
No. Económico: 45613**

Ciudad de México a 10 de Septiembre del 2024

Resumen

Los espacios verdes, definidos por la OMS como áreas naturales accesibles al público con vegetación, son esenciales para el bienestar físico y mental y para mejorar la calidad ambiental en las ciudades. Estos espacios ofrecen beneficios ecológicos como la reducción de la contaminación y la regulación del clima, así como beneficios sociales como la recreación y la integración social (OMS, 2016).

Sin embargo, enfrentan presiones del desarrollo urbano, como la construcción de edificaciones, el uso inadecuado del suelo, la deforestación y los cambios de uso del suelo, que comprometen su integridad y los beneficios que aportan a las comunidades. Esto subraya la necesidad de una distribución equitativa de estos espacios para garantizar justicia ambiental, entendida como la equidad en la distribución de cargas y beneficios ambientales (Hervé, 2010).

En las ciudades, la distribución de los espacios verdes a menudo no es equitativa, ya que factores como el relieve, el nivel socioeconómico y la estructura urbana influyen en su disponibilidad y accesibilidad, reflejando desigualdades más amplias (Nuñez, 2022). En México, estudios sobre la distribución y accesibilidad de áreas verdes han revelado una falta de justicia ambiental distributiva (Casillas, 2023; Fernández, 2017; Reyes y Bolea, 2018; Romo, 2008), especialmente relacionada con el nivel socioeconómico de la población (Carmona-Ortega et al., 2022).

La ciudad de Oaxaca, a pesar de su relevancia cultural y turística, carece de información detallada sobre sus espacios verdes. Debido a esto, se seleccionó como caso de estudio para diagnosticar su situación actual en términos de distribución, disponibilidad, accesibilidad y conectividad funcional entre 2010 y 2020.

Este estudio destaca la necesidad de mejorar la planificación urbana en Oaxaca para preservar y expandir los espacios verdes y abordar las desigualdades en su acceso. Los resultados pueden guiar políticas públicas para una gestión más equitativa y efectiva de los espacios verdes, beneficiando a toda la población.

Palabras clave: espacios verdes; justicia ambiental; disponibilidad; accesibilidad; conectividad funcional.

Índice

Introducción	1
Lugar donde se realizó el servicio social	3
Marco institucional	3
Objetivos de las actividades realizadas.....	5
Objetivo general	3
Objetivos específicos.....	3
Descripción detallada de las actividades realizadas	5
Caracterización de los espacios verdes	5
Análisis de disponibilidad y accesibilidad de los espacios verdes	8
Conectividad funcional.....	13
Descripción del vínculo de las actividades desarrolladas con los objetivos de formación del plan de estudios	13
Referencias bibliográficas.....	14
Anexos	18
Validación de los asesores	22

Introducción

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define los espacios verdes como "cualquier espacio natural al aire libre accesible al público que contiene vegetación". Este concepto abarca una amplia variedad de áreas, desde jardines, parques y camellones en vecindarios, hasta reservas naturales, espacios recreativos y de uso público donde predomina la vegetación (OMS, 2016; UNLP, 2021). Por lo tanto, estos espacios son esenciales para el bienestar físico y mental de las personas, además de contribuir significativamente a la calidad ambiental de las ciudades.

Los espacios verdes se caracterizan por las siguientes particularidades:

- **Diversidad de vegetación:** Estos espacios albergan una variedad de tipos de vegetación y formas de vida, creando entornos diversos y estéticamente agradables que contribuyen a la biodiversidad urbana y periurbana.
- **Accesibilidad pública:** Son accesibles para todos y ofrecen lugares idóneos para actividades recreativas, sociales y culturales, promoviendo la inclusión y el bienestar comunitario.
- **Funciones de soporte y regulación ecosistémica:** Desempeñan un papel crucial en la regulación del microclima urbano, reduciendo el efecto isla de calor, mejorando la calidad del aire y proporcionando hábitats para la vida silvestre.
- **Beneficios sociales:** Facilitan la interacción social, la recreación y el descanso, lo que contribuye significativamente a la mejora de la salud mental y física de la población.

Los espacios verdes son parte fundamental en las ciudades, proporcionando diversos servicios tanto a la población como a los ecosistemas (UNLP, 2021). Estos incluyen la reducción de la contaminación del aire, la regulación de la temperatura y la humedad, la disminución de la velocidad del viento, el control de inundaciones, el mantenimiento de la permeabilidad del suelo, la capacidad de filtración, y la provisión de hábitats naturales para la biodiversidad. A su vez, contribuyen a la mejora de la imagen urbana, la recreación, el turismo y la integración social al ser lugares de encuentro, intercambio y esparcimiento (Carmona-Ortega et al., 2022). Así, los espacios verdes se convierten en elementos clave para el desarrollo de la sostenibilidad urbana, integrando beneficios ecológicos y socioeconómicos que son esenciales para el futuro urbano.

Dado que los espacios verdes juegan un papel esencial para el bienestar humano, es fundamental priorizarlos como áreas públicas claves en las ciudades (Carmona-Ortega et al., 2022). Sin embargo, estos espacios están cada vez más presionados por el desarrollo urbano, como es la construcción de edificaciones, el uso inadecuado del suelo con actividades contrarias a su aptitud, deforestación y cambios de uso de suelo. Estas dinámicas generan conflictos ambientales y sociales que amenazan su integridad y comprometen los beneficios que aportan a las comunidades.

Es a partir de estos conflictos que surge la necesidad de garantizar que todos los habitantes de las ciudades tengan disponibilidad y acceso a los espacios verdes públicos para satisfacer sus necesidades sociales. Aquí es donde entra el concepto de justicia ambiental, definido como la equidad en la distribución de cargas y beneficios ambientales entre todos los miembros de la sociedad. Además, requiere de una gestión justa en el acceso, uso y aprovechamiento de los recursos naturales, con especial atención a la “distribución de áreas verdes”, es decir, la asignación equitativa de estos espacios a la población. Por lo tanto, evaluar y promover la justicia ambiental es fundamental para asegurar un entorno urbano saludable y sostenible para todos (Hervé, 2010).

El análisis de la justicia ambiental distributiva en relación con los espacios verdes se centra en evaluar la equidad en la asignación de estos espacios y los beneficios ambientales que ofrecen, más allá de la mera distribución de bienes (Hervé, 2010). En las ciudades, la distribución de los espacios verdes no es siempre equitativa, ya que factores como el relieve, el nivel socioeconómico, la estructura urbana, y otros aspectos sociales influyen en su disponibilidad y accesibilidad, reflejando desigualdades más amplias (Nuñez, 2022).

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) señala que la falta de planificación urbana adecuada en México ha llevado a un crecimiento desordenado de las ciudades, aumentando la vulnerabilidad de las áreas verdes y limitando su distribución, especialmente en comunidades marginadas, lo que agrava las disparidades en el acceso a estos beneficios (CONANP, 2018).

Para identificar si existen situaciones de justicia ambiental, es fundamental analizar ciertos patrones, como la distribución, la disponibilidad (asignación de superficie de área verde por habitante o por colonia) y la accesibilidad de la población a los espacios verdes (Carmona-Ortega et al., 2022). Diversos estudios en México sobre la distribución, disponibilidad y accesibilidad de áreas verdes han reflejado una falta de justicia ambiental distributiva en relación con estos espacios en las ciudades (Casillas, 2023; Fernández, 2017; Reyes y Bolea, 2018; y Romo, 2008).

Esta situación está estrechamente relacionada con el nivel socioeconómico de la población (Carmona-Ortega et al., 2022). Se ha reportado que las zonas densamente pobladas con altos niveles de pobreza no se benefician equitativamente de espacios verdes, ya que, en estas zonas, los espacios verdes tienden a ser pequeños y a presentar problemas de mantenimiento. En contraste, la población con mayor nivel socioeconómico cuenta con una mayor superficie de estos espacios (Casillas, 2023; Fernández, 2017; Reyes y Bolea, 2018; y Romo, 2008).

La ciudad de Oaxaca es una urbe con una profunda relevancia tanto a nivel nacional como internacional. Esta importancia se manifiesta en diversos aspectos, tales como su vasto patrimonio cultural y arquitectónico, diversidad étnica y biocultural, significado histórico, importancia económica y educativa, y relevancia como destino turístico (Binnqüist y Parra, 2011). Sin embargo, a pesar de su rica herencia y múltiples atractivos, no se dispone de suficiente información sobre los espacios verdes públicos en la ciudad, su distribución, ni las condiciones en las que se encuentran.

Esta carencia de información es preocupante, dado que los espacios verdes son fundamentales para la calidad de vida urbana, brindando beneficios ambientales, sociales y psicológicos. Debido a esta necesidad, se ha seleccionado a la Ciudad de Oaxaca como caso de estudio para realizar un diagnóstico exhaustivo sobre la situación actual de sus espacios verdes. En este diagnóstico se abordan temas clave como la distribución, disponibilidad y accesibilidad de estos espacios en la ciudad.

El diagnóstico también permite identificar si la distribución de los espacios verdes sigue patrones que reflejen una situación de justicia ambiental, es decir, si todos los sectores de la población tienen acceso equitativo a estos beneficios. Además, los resultados del estudio podrán contribuir al diseño de políticas públicas orientadas a la gestión y manejo de los espacios verdes, promoviendo así una mejora en la calidad ambiental y que beneficie a toda la población.

Lugar donde se realizó el Servicio Social

El servicio social se realizó en el Laboratorio de Planeación Ambiental (LPA) del Departamento del Hombre y su Ambiente (DCBS), en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, ubicada en Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Delegación Coyoacán, C.P. 04960, D.F. México.

Marco institucional

La Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco nace en 1973, ante la necesidad de crear una institución de educación superior que se ajustara a las necesidades de la realidad nacional de la época y que atendiera la demanda que no estaba siendo satisfecha con la misión de servir al país al ofrecer un trabajo académico sólido y de excelencia alrededor de las funciones sustantivas: al impartir educación superior de licenciatura, maestría, doctorado, y cursos de actualización y especialización, en sus modalidades escolar y extraescolar, y formar profesionales y ciudadanos aptos y responsables en correspondencia con las necesidades de la sociedad; organizar y desarrollar actividades de investigación humanística, científica,

tecnológica y artística; y ser fuente de conocimientos relevantes, en atención, primordialmente, a los problemas nacionales y en relación con las condiciones del desenvolvimiento histórico, así como ser una institución que rescata, preserva y difunde la cultura (UAM, 2023).

Al cumplir 50 años, la visión de la institución es ser una universidad pública y autónoma dedicada a servir a la sociedad por diversos medios. Está comprometida con la formación de ciudadanos con sólidos principios éticos, conocimientos avanzados, capacidad crítica y la habilidad para abordar problemas complejos y contribuir al desarrollo humano y al bienestar social. La UAM enfoca sus esfuerzos académicos en los estudiantes y asume la vigencia de los valores humanos, tanto individuales como sociales. Se distingue por su intensa labor en el descubrimiento y transferencia del conocimiento, así como en la innovación tecnológica, ambas entendidas como bienes públicos. Además, destaca por su atención a la sustentabilidad, la diversidad biológica y cultural, y el cuidado en el rescate, la difusión y la preservación de la cultura (UAM, 2023).

La División de Ciencias Biológicas y de la Salud cuenta con cuatro departamentos: Atención a la Salud (DAS), El Hombre y su Ambiente (DEHA), Producción Agrícola y Animal (DPAyA), Sistemas Biológicos (SB). El propósito del DEHA es formar profesionales creativos y críticos capaces de realizar actividades científicas para desarrollar y evaluar, con una perspectiva multidisciplinaria, estrategias de manejo de los recursos naturales bióticos con base en metodologías propias de las ciencias biológicas (Sánchez, 2016).

Dentro del DEHA se ubican cinco áreas académicas, las cuales son conformadas por académicos cuyo perfil es el de profesor-investigador. El área académica de “Conservación y Manejo de Recursos Naturales y Servicios Ambientales” se enfoca en generar y aplicar conocimientos para la conservación y el manejo sustentable de los recursos naturales y los servicios ambientales que respondan a la solución de problemas socio-ambientales definidos y que al mismo tiempo aporten elementos teóricos y metodológicos para la práctica docente y se vinculen con las demandas de distintos sectores referentes a la capacitación, asesoría y transferencia de tecnología (Sánchez, 2016).

En esta área académica se encuentra el Laboratorio de Planeación Ambiental (LPA) que se concibe como un espacio de reflexión con una epistemología transdisciplinaria, en el cual se vinculan los campos de la planeación, la sostenibilidad, la geomática y la provisión de los servicios ecosistémicos, dando lugar a que sus miembros converjan ahora en un nuevo campo de investigación: la planificación ambiental (Chávez et al., s.f).

En este contexto, y dado que la planeación ambiental se caracteriza por su enfoque generalista e interdisciplinario, el Laboratorio de Planeación Ambiental (LPA) ha logrado integrar de manera pertinente y armónica diversas líneas de generación y aplicación del conocimiento. Estas líneas incluyen el ordenamiento del territorio, la conservación directa e indirecta del patrimonio natural, la restauración ambiental, la provisión de servicios ecosistémicos, la gestión de áreas naturales protegidas, así como el análisis de la vulnerabilidad y el riesgo ambiental.

La coexistencia de estas líneas en el LPA no solo permite abordar la complejidad inherente a la planeación ambiental, sino que también facilita la generación de estrategias integradas y soluciones holísticas que consideran múltiples dimensiones del entorno natural y social. Esta integración es clave para desarrollar políticas y acciones que promuevan la sostenibilidad de los entornos urbanos, rurales y naturales, y contribuyan a la conservación de los ecosistemas y su provisión de servicios, mientras se mitigan los riesgos y se aumentan las capacidades de adaptación ante los desafíos ambientales contemporáneos.

Objetivos de las actividades realizadas

Objetivo general

Diagnosticar la distribución, disponibilidad y accesibilidad de la población a los espacios verdes públicos en la ciudad de Oaxaca, México.

Objetivos particulares

1. Realizar una caracterización de los espacios verdes para los años 2010 y 2023.
2. Analizar la disponibilidad y accesibilidad de los espacios verdes con relación a la población.
3. Identificar la conectividad funcional del espacio verde.

Descripción específica de las actividades realizadas

Caracterización de los espacios verdes

Para definir los límites de la Ciudad Oaxaca se utilizó la información del Marco Geoestadístico Nacional de INEGI de diciembre del 2023. A partir de esta fuente, se elaboró un mapa base utilizando el software ArcMap versión 10.6, el cual incluye la

ubicación de la ciudad, sus límites, las Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) y los municipios colindantes (anexo 1).

Para caracterizar los espacios verdes en la ciudad de Oaxaca, fue necesario definir las categorías de uso del suelo y vegetación que permitirían su identificación. Para ello, se llevó a cabo una revisión mediante un análisis cartográfico, utilizando mapas de uso de suelo y vegetación procedentes de diversas fuentes de información espacial. Este análisis permitió comprender cómo se han clasificado previamente estos espacios en distintos momentos y por diferentes instituciones. Para esta revisión se utilizaron datos de Impact Observatory – ESRI correspondientes a los años 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022; datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para los años 1985, 1993, 2002, 2007, 2011, 2014 y 2018; información del proyecto Mad-Mex de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) para los años 2017 y 2018.

Tras la revisión de los mapas generados por otras instituciones, se observó que hasta el momento los elementos arbóreos dentro de la ciudad no están bien identificados. Esto se debe principalmente a la escala espacial utilizada y al tipo de imágenes satelitales empleadas en dichos estudios. Por tal motivo, se definió que se realizarían mapas con tres categorías: cobertura arbórea, pastizal y asentamientos humanos. Para este fin, se obtuvieron imágenes satelitales de RapidEye, con una resolución de cinco metros, correspondientes al año 2010, y de Planet, con una resolución de tres metros, correspondientes al año 2023, con el objetivo de comparar si hubo pérdida o ganancia de cobertura arbórea en este periodo.

La categoría "cobertura arbórea" se definió como la superficie del suelo que está cubierta por la copa de los árboles, independientemente de si estos árboles forman parte de un bosque natural, un área urbana, un parque, una plantación, o cualquier otro entorno, y por lo tanto se consideró como representativa de los espacios verdes urbanos. En el caso de los pastizales identificados en la clasificación de las imágenes satelitales corresponden en su mayoría a terrenos destinados a la agricultura, terrenos abandonados y pastizales secos (anexos 4 y 5).

Para la generación de los mapas, se generaron 100 puntos de control, distribuidos de la siguiente manera: 50 puntos para la clasificación de las imágenes satelitales, mientras que los otros 50 puntos se establecieron como puntos de validación para corroborar la exactitud de la clasificación realizada. Este enfoque metodológico permitió asegurar la fiabilidad de los resultados y mejorar la precisión en la identificación y categorización de los espacios verdes en la ciudad de Oaxaca.

Con esta información, se generaron mapas de uso del suelo y vegetación para los años 2010 y 2023 del área de estudio, empleando el algoritmo de máxima verosimilitud en el software ArcMap v10.6 (anexos 2 y 3). Los mapas revelaron que en 2010 el área urbana abarcaba 2,465.35 ha; la cobertura arbórea, 1,276.63 ha; y los pastizales, 709.84 ha. Para el año 2023, el área urbana se expandió a 2,561.84 ha, mientras que la cobertura arbórea disminuyó a 1,262.13 ha y los pastizales a 625.51 ha. Esto indica que, durante este periodo de 13 años, hubo un incremento del área urbana del 2.2%, acompañado de una disminución en la cobertura arbórea y en los pastizales del 1.1% y 11.9%, respectivamente (figura 1).

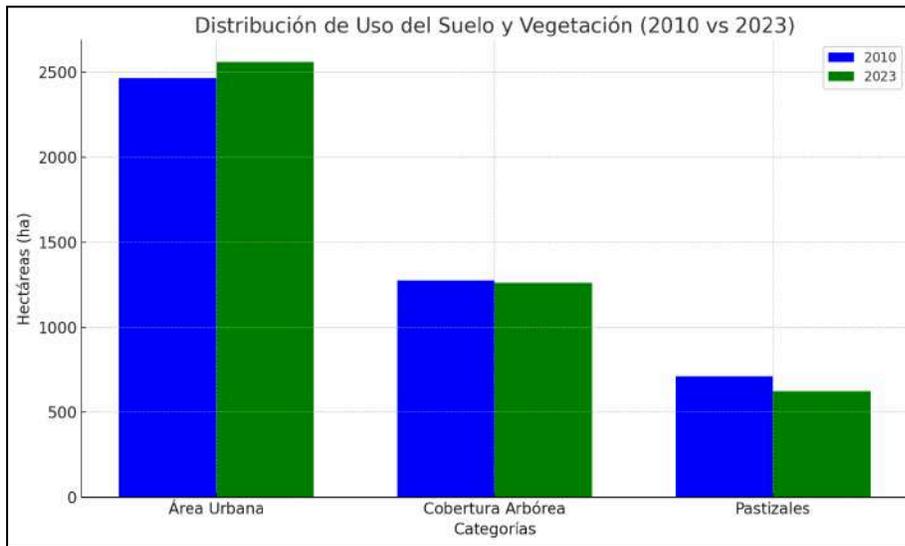


Figura 1. Distribución de uso del suelo y vegetación durante los años 2010 y 2020.

Por otro lado, para evaluar la oferta de espacios verdes en la ciudad de Oaxaca, se llevó a cabo una investigación documental. Las fuentes de información consultadas incluyeron una tesis de ingeniería (Ramírez, 2020), el sitio web de la Secretaría de Medio Ambiente, Biodiversidad, Energías y Sostenibilidad del Estado de Oaxaca (2022), el periódico *El Imparcial* (2023), y páginas dedicadas al turismo en la ciudad, como "Oaxaca Mío" (2020).

Aunque no se encontraron cifras exactas ni cartografía específica sobre los espacios verdes del estado y la ciudad de Oaxaca, esta información permitió identificar parcialmente las áreas que componen los espacios verdes en la zona de estudio. A continuación, se detallan algunos de los principales parques y jardines, junto con su ubicación y superficie:

- Parque El Tequio: Este es el parque más grande de la ciudad, con una superficie de 65 hectáreas. Ubicado en la carretera al aeropuerto, en el municipio de Santa Cruz Xoxocotlán, es considerado un pulmón importante para la ciudad y los

municipios conurbados. El parque alberga más de 7,500 árboles de diferentes especies y es un lugar popular para actividades recreativas al aire libre.

- Parque Juárez "El Llano": Situado en el centro de la ciudad, este parque es una de las pocas zonas arboladas y un lugar de encuentro habitual para los oaxaqueños. Además de ser sede de eventos tradicionales, como los Viernes de Cuaresma, El Llano es un espacio clave para la vida cotidiana de la ciudad.
- Jardín Etnobotánico: Ubicado en el antiguo Convento de Santo Domingo, este jardín es una muestra de la biodiversidad de Oaxaca. Aunque su superficie es menor en comparación con otros parques, su importancia radica en la conservación y exhibición de especies de plantas endémicas.
- Jardín Conzatti: Este jardín se encuentra en el Centro Histórico de Oaxaca. Es un espacio apacible rodeado de árboles de laurel y cuidados pastos, donde los visitantes pueden disfrutar de un ambiente tranquilo en medio de la ciudad.
- Jardín Antonio Labastida: Conocido también como la Plazuela de la Sangre de Cristo, este jardín tiene un estilo tradicional y es parte de la historia de la ciudad desde su creación en el siglo XIX.
- Parque Ciudad de las Canteras: Este parque es conocido por su paisaje cultural, rodeado de verdes tonalidades. Es un área emblemática en la ciudad que también cuenta con espacios dedicados a la convivencia familiar y la recreación.
- Polideportivo Venustiano Carranza: Este espacio incluye instalaciones deportivas, una pista para atletismo de 1.5 kilómetros, y áreas de descanso. Es un centro importante para la práctica de diferentes disciplinas deportivas.
- Parque Recreativo Infantil Del Agua Centenario y Parque Recreativo Infantil Oaxaca Bicentenario: Ambos están ubicados en el centro de la ciudad y están orientados principalmente a las actividades infantiles, ofreciendo juegos, áreas de lectura y esparcimiento para las familias.

Análisis de la disponibilidad y accesibilidad de los espacios verdes con relación a la población.

Para este análisis, se llevó a cabo una búsqueda documental de un archivo en formato shapefile sobre el índice de marginación urbana de acuerdo con CONAPO, abarcando los años 2000, 2005, 2010 y 2020 a nivel de AGEB. El Índice de Marginación Urbana (IMU) es una medida resumen que permite diferenciar las AGEB urbanas del país según el impacto global de las carencias que enfrenta la población. Este índice es útil para observar y analizar la desigualdad en la participación en el proceso de desarrollo y en el acceso a sus beneficios, tanto en localidades urbanas como en ciudades y zonas metropolitanas. Se desarrolla utilizando indicadores socioeconómicos provenientes del Censo de Población y Vivienda, estimando formas de exclusión en dimensiones clave como educación, salud, vivienda y disponibilidad de bienes (CONAPO, 2020).

Las 125 AGEB analizadas se seleccionaron de acuerdo a la permanencia de aquellas que no experimentaron cambios significativos en su delimitación territorial entre 2010 y 2020. Posteriormente, se elaboraron mapas de estas AGEB categorizándolas según su nivel de marginación (ver anexos 6 y 7). Para determinar la disponibilidad de espacios verdes, tanto en total como por AGEB, se calculó la superficie de espacio verde por habitante y se analizó en relación con el índice de marginación urbana de la población.

De lo anterior se observó una disminución de 13.09 ha de cobertura forestal durante esta década, ya que la zona de estudio pasó de tener 1275.21 ha en 2010 a 1262.13 ha en 2020. Las AGEB que tuvieron una disminución considerable fueron las de un IMU muy alto que pasaron de tener 207.62 ha en 2010 a 196.41 ha en 2020; y las de un IMU alto que tuvieron 291.57 ha en 2010 y 320.68 ha en 2020 (ver figura 2).

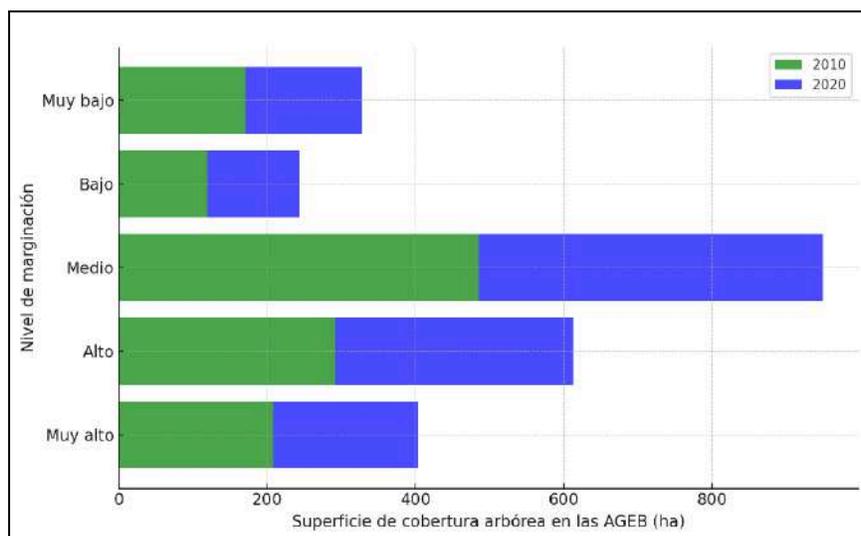


Figura 2. Superficie de cobertura arbórea por nivel de marginación para los años 2010 y 2020.

La categoría de marginación "Alto" es la que más ha cambiado con un aumento de 29.11 ha en la cobertura arbórea. Mientras que la categoría "Medio" experimentó la mayor disminución en la superficie de cobertura arbórea, con una pérdida de 20.79 ha. Por lo tanto, la categoría "Alto" es la que más ha aumentado en términos de recuperación de la cobertura arbórea, mientras que la categoría "Medio" es la que más ha disminuido debido a la deforestación.

También se identificaron las transiciones en las AGEB de acuerdo con el índice de marginación urbana de 2010 a 2020 (ver figura 3).

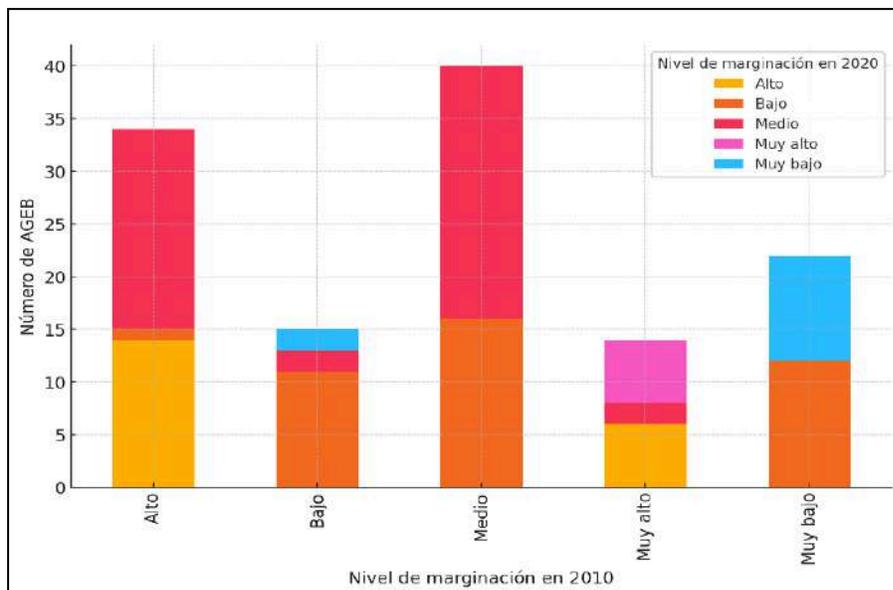


Figura 3. Cambios en los niveles de marginación entre 2010 y 2020.

Se destacaron ocho AGEB que en 2010 tenían un IMU muy alto; de estas, seis pasaron a tener un IMU alto y dos a un IMU medio en 2020. Asimismo, se observó que de las 20 AGEB con un IMU alto en 2010, 19 cambiaron a un IMU medio y una a un IMU bajo en 2020 (anexos 6 y 7).

Para determinar qué categoría experimentó la mayor mejora, se identificó qué nivel de marginación en 2010 se movió a un nivel más bajo de marginación en 2020 (lo que indica una mejora). La categoría "Alto" es la que experimentó la mayor mejora, con 20 AGEB moviéndose a un nivel más bajo de marginación ("Medio" y "Bajo") para el año 2020. Esto indica que la categoría "Alto" experimentó la mejora más significativa en los niveles de marginación durante el período analizado.

Con el fin de obtener un mayor conocimiento sobre lo que sucede a nivel de AGEB y en relación con el índice de marginación urbana, se identificaron los cambios en el crecimiento poblacional entre los años 2010 y 2020. Los cambios más significativos se observaron en las AGEB con IMU muy alto, alto y muy bajo. Las AGEB con IMU muy alto pasaron de tener un total de 20,864 habitantes en 2010 a 9,647 en 2020, lo que representa una disminución del 53.76%. Las AGEB con IMU alto pasaron de tener 70,434 habitantes en 2010 a 42,323 en 2020, con una disminución del 39.91%. Por otro lado, las AGEB con IMU muy bajo tuvieron 35,466 habitantes en 2010 y 20,538 en 2020, lo que significa una disminución del 42.09%. En contraste, las AGEB con IMU bajo experimentaron un aumento en el crecimiento poblacional del 157.62%, al pasar de 29,973 habitantes en 2010 a 77,217 en 2020.

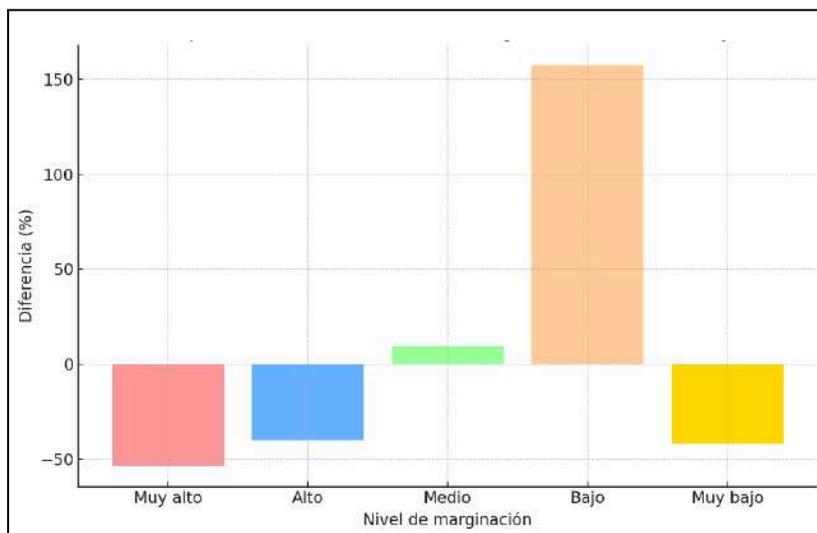


Figura 4. Cambio porcentual en el nivel de marginación del 2010 y 2020.

El cambio porcentual en la figura 4 muestra que para las categorías:

- **Muy alto y Alto:** Ambas experimentaron una disminución significativa, lo que refleja una mejora en las condiciones de marginación de la población debido a sus condiciones socioeconómicas. Esto es un signo positivo en términos de reducción de la marginación extrema.
- **Medio:** Esta categoría tuvo un aumento moderado del 9.47%, lo que sugiere una transición en curso.
- **Bajo:** Es la categoría que más creció, con un aumento del 157.62%, indicando que muchas áreas se trasladaron a este nivel de menor marginación.
- **Muy bajo:** También experimentó una disminución significativa, similar a las categorías "Muy alto" y "Alto".

El análisis de los datos muestra una tendencia general hacia la reducción de la marginación extrema (Muy alto y Alto) y una concentración creciente en niveles de marginación media y baja. Esto podría indicar que las políticas y acciones implementadas han sido eficaces en reducir la marginación extrema, pero que aún queda trabajo por hacer para continuar mejorando las condiciones en las áreas que ahora se encuentran en categorías medias y bajas.

Por último, se evaluaron los principales cambios en la cobertura arbórea, considerando los procesos de deforestación, recuperación de la cobertura arbórea, permanencia de áreas arbóreas y permanencia de áreas no arbóreas en las AGEb de la ciudad de Oaxaca. Las AGEb que mostraron una mayor permanencia arbórea fueron aquellas que pasaron de tener un Índice de Marginación Urbana (IMU) muy alto a alto, con un 41.2%. Las AGEb con mayor recuperación de la cobertura arbórea fueron aquellas que

cambiaron su IMU de muy alto a medio, representando un 11.7%. Por otro lado, las AGEB con mayor deforestación fueron las que experimentaron una transición de un nivel de marginación alto a bajo, con un 18%. Finalmente, la permanencia no arbórea superó el 50% en todas las AGEB, siendo especialmente destacada en aquellas que pasaron de un nivel bajo a medio, alcanzando un 84.5% (figura 5).

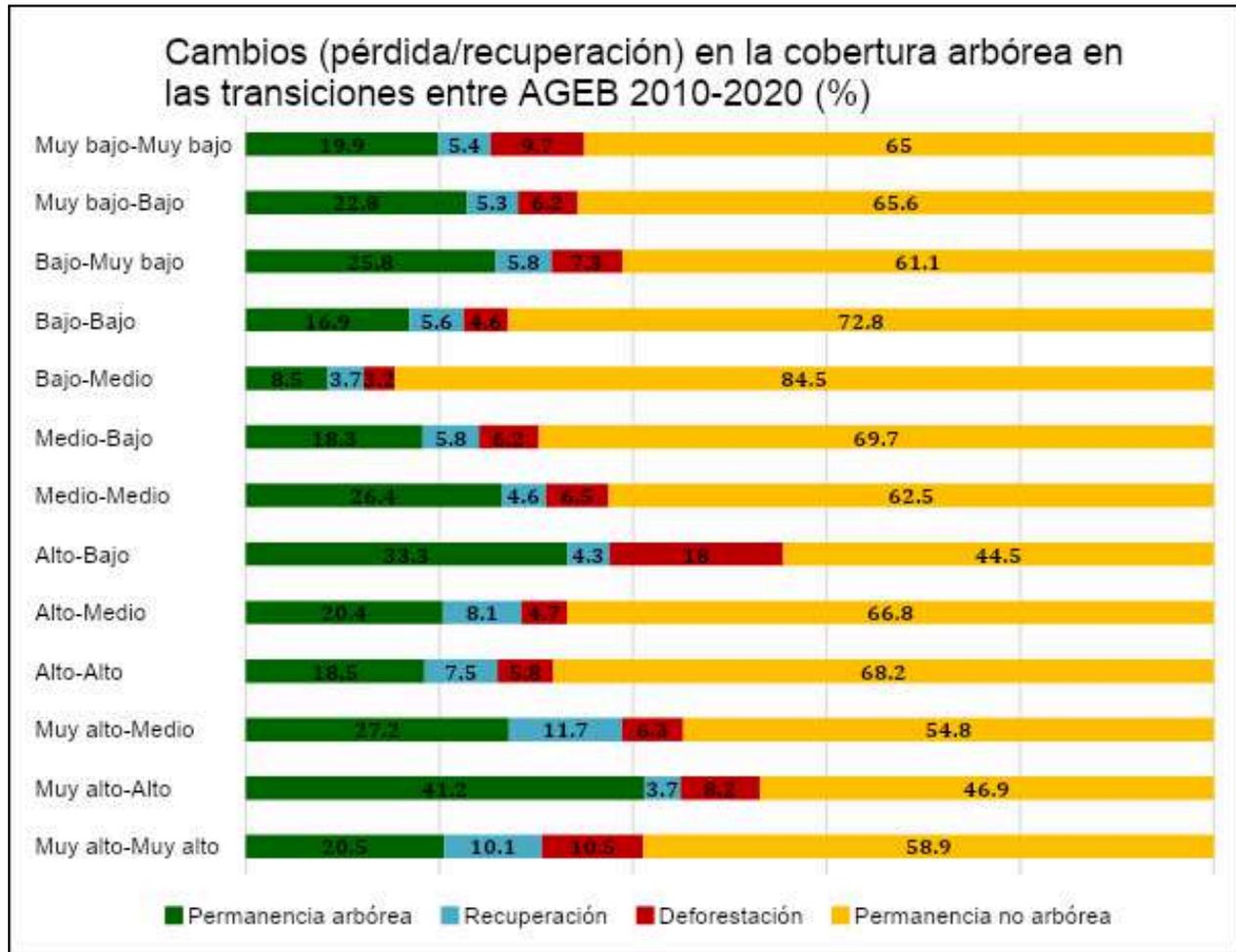


Figura 5. Cambios en la cobertura arbórea de las AGEB entre 2010 y 2020.

Para el análisis de accesibilidad de los espacios verdes, este se evaluó utilizando ArcMap v10.6 mediante un índice de accesibilidad peatonal, determinado a través de un análisis espacial que empleó operadores de distancia y un buffer de 400 metros alrededor de los espacios verdes. Este análisis siguió la metodología descrita por Mackres et al. (2023), que define la accesibilidad como el porcentaje de la población con una cobertura arbórea promedio superior al 10% a una distancia caminable (400 metros) desde sus hogares. De acuerdo con los resultados, el 92.93% de la población total en las 125 AGEB analizadas (253,204 habitantes) tiene acceso a zonas con más del 10%

de cobertura arbórea. El restante 7.07% de la población se encuentra en 10 AGEB que no alcanzan este umbral del 10%.

Conectividad funcional del espacio verde

La conectividad funcional se define como la capacidad del paisaje para permitir el flujo de organismos y sus genes entre hábitats, facilitando la movilidad de especies y procesos ecológicos que son cruciales para la conservación de la biodiversidad y la resiliencia ecológica (Bennett, 2003). La conectividad funcional es de gran utilidad para la planificación, la gestión de los recursos naturales y el mantenimiento de la funcionalidad territorial (Sastre, et al. 2002).

Para evaluar la conectividad funcional de los espacios verdes, se utilizó el índice de conectividad (PC) a nivel de AGEB. Este índice estima la facilidad o dificultad del movimiento de especies entre fragmentos de vegetación. El análisis se llevó a cabo con el software Conefor, tomando en cuenta la distribución espacial de los espacios verdes en la zona de estudio. Los datos obtenidos permitieron realizar una zonificación que identificó las áreas donde los fragmentos de vegetación tienen mayor o menor importancia en términos de conectividad funcional (ver anexo 8).

Los resultados muestran que las AGEB con baja o muy baja conectividad se encuentran predominantemente en zonas urbanas del área de estudio, mientras que las AGEB con alta o muy alta conectividad están ubicadas en las proximidades de bosques de encino y pino, así como en áreas de vegetación de selva baja caducifolia. Aunque no se observaron cambios significativos en la conectividad entre 2010 y 2020, se detectó que las AGEB que experimentaron una disminución en su nivel de conectividad (de alta o muy alta a baja o muy baja) mostraron un aumento en el crecimiento poblacional (ver anexo 8).

Descripción del vínculo de las actividades desarrolladas con los objetivos de formación del plan de estudios

Las actividades realizadas durante el servicio social estuvieron enfocadas en el diagnóstico de los espacios verdes de la ciudad de Oaxaca. El diagnóstico ambiental permite obtener una caracterización puntual del estado actual de un sistema, el cual está influenciado en gran medida por los patrones sociales del entorno, tales como las características socioeconómicas y culturales.

Lo anterior se relaciona con el objetivo del “subnivel tres” del tronco básico profesional del plan de estudios de la licenciatura en Biología, que se enfoca en que el alumno evalúe y analice entidades ecológicas complejas y formule propuestas de manejo que consideren las condiciones socioeconómicas y culturales que las influyen (UAM, 2019),

ya que el diagnóstico, al ser una herramienta de la gestión ambiental, contribuye al diseño de políticas y planes de manejo que favorezcan un desarrollo justo, equitativo, sostenible y funcional de la zona de estudio, de acuerdo con sus características.

Específicamente, las actividades realizadas cumplieron con los objetivos de los módulos que integran el tercer subnivel del tronco básico profesional; entre ellos el del módulo de “análisis de sistemas ecológicos” basado en la construcción de modelos que explican y predicen el estado de los sistemas ecológicos en presencia o ausencia de planes y programas de manejo, permitiendo analizar alternativas que posibiliten su aprovechamiento y conservación (UAM, 2019). Esto, se realizó con las diferentes actividades de este servicio social; por ejemplo en la caracterización de los espacios verdes de la zona de estudio donde se identificó cómo es que están distribuidos dichos espacios, y qué superficie ocupan; en el análisis de la disponibilidad y accesibilidad de los espacios verdes donde se determinó cuál es la disponibilidad de los espacios verdes por habitante y por AGEB teniendo en cuenta factores socioeconómicos como el nivel de marginación de la población, además de considerar las distancias máximas a las que las personas puede acceder a pie a estos espacios.

Con los resultados obtenidos se identificó que la distribución de los espacios verdes no necesariamente corresponde a un caso de injusticia social, ya que en su mayoría estos espacios se encuentran disponibles para toda la población de la zona de estudio. Estos también aportan y aportarán al desarrollo de planes y programas de manejo que permitan un desarrollo equitativo y justo en la zona en materia ambiental integrando las características y necesidades de la población.

Este servicio social también está relacionado con el objetivo del módulo de “análisis y planeación ambiental”, que consiste en planificar esquemas de aprovechamiento de los recursos naturales que integren principios de economía y ecología, congruentes con los marcos legales existentes y las necesidades reales de las comunidades humanas involucradas, ya que los resultados de este trabajo pueden apoyar la toma de decisiones para el manejo de estos espacios y otros temas de ordenamiento territorial, en favor de una mejora en la calidad ambiental en beneficio de toda la población.

Referencias bibliográficas

Bennett, A. F. (2003). *Linkages in the landscape: The role of corridors and connectivity in wildlife conservation*. International Union for Conservation of Nature (IUCN).

Binnqüist, G., & Parra, H. (Coords.). (2011). *Plan de Ordenamiento de la Zona Conurbada de la Ciudad de Oaxaca, Edo. de Oaxaca*. Gobierno del Estado de Oaxaca.

Carmona-Ortega, F., Falfán, I., Lascurain-Rangel, M., & Benítez-Badillo, G. (2022). Distribución espacial de las áreas verdes urbanas en Xalapa, México: un caso de inequidad. *Sociedad y Ambiente*, 25, 32. <https://doi.org/10.31840/sya.vi25.2559>

Casillas, A. (2023). Desigualdad en la dotación de áreas verdes en el municipio de Monterrey: una injusticia ambiental. *Región y Sociedad*, 35. <https://doi.org/10.22198/rys2023/35/1784>

Chávez Cortés, M. M., Binnqüist Cervantes, G., & Chávez Cortes, J. M. (s.f.). *La experiencia del Laboratorio de Planeación Ambiental de la UAMX en el servicio a la comunidad*. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2018). El urbanismo es la disciplina que se especializa en el estudio, planificación y ordenamiento del territorio en las ciudades. *Gobierno de México*. <https://www.gob.mx/conanp/articulos/ciudades-verdes-y-sustentables> (Consultado el 15/12/2023).

Consejo Nacional de Población (CONAPO). (2020). *Capítulo 1. Concepto y dimensiones de la marginación*. <http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Resource/1755/1/images/01Capitulo.pdf> (Consultado el 18/12/2023).

El Imparcial. (2023). Áreas verdes. <https://www.uam.mx/mision/index.html> (Consultado el 15/06/2024).

Fernández-Álvarez, R. (2017). Inequitable distribution of green public space in the Mexico City: an environmental injustice case. *Economía Sociedad y Territorio*, 54, 399-428. <https://doi.org/10.22136/est002017697>

Hervé, D. (2010). Noción y elementos de la justicia ambiental: directrices para su aplicación en la planificación territorial y en la evaluación ambiental estratégica. *Revista de derecho (Valdivia)*, 23(1), 9-36. <https://doi.org/10.4067/S0718-09502010000100001>

Mackres, E., Shabou, S., & Wong, T. (2023). *Calculating indicators from global geospatial data sets for benchmarking and tracking change in the urban environment. Technical Note*. World Resources Institute. <https://doi.org/10.46830/writn.22.00123>

Núñez, J. (2020). Análisis espacial de las áreas verdes urbanas de la Ciudad de México. *Economía, Sociedad y Territorio*, 21(67), 803-833. <https://doi.org/10.22136/est20211661>

Oaxaca Mio. (2020). Parques y jardines de la Ciudad de Oaxaca. https://www.oaxaca-mio.com/atrac_turisticos/parquesyjardines.htm (Consultado el 24/06/2024).

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2016). *Urban green spaces and health*. Regional Office for Europe.

Planet Team. (2022). *Planet Application Program Interface: In Space for life on Earth*. San Francisco, CA. <https://api.planet.com> (Consultado el 05/01/2024).

Ramirez, F. (2020). *Situación actual de los parques y jardines de la Ciudad de Oaxaca de Juárez*. [Tesis de ingeniería, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca].

Reyes-Plata, J., & Bolea, C. (2018). Distribución de las áreas verdes, índice de marginación y justicia ambiental en León, Guanajuato. *Desarrollo regional sustentable y turismo*, 176-203.

Romo-Aguilar, M. (2008). Áreas verdes y justicia social en Ciudad Juárez, Chihuahua. *Crisol*, 3(1), 9-26.

Sastre, P., de Lucio, J.V. y Martínez, C. (2002). *Modelos de conectividad del paisaje a distintas escalas. Ejemplos de aplicación en la Comunidad de Madrid*. Ecosistemas, 2.

Sánchez Robles, J. (2016). *Departamento del hombre y su ambiente. Área de Investigación: conservación de recursos naturales y servicios ambientales*. Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Xochimilco.

Secretaría de Medio Ambiente, Biodiversidad, Energías y Sostenibilidad del Estado de Oaxaca. (2022). Áreas naturales protegidas. *Gobierno del Estado de Oaxaca*. <https://www.oaxaca.gob.mx/medioambiente/> (Consultado el 12/06/2024).

Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). (2019). *Plan de estudios de la licenciatura en biología*. <http://www2.xoc.uam.mx/oferta-educativa/divisiones/cbs/licenciaturas-posgrados/pplic/biologia/plan/> (Consultado el 17/12/2023).

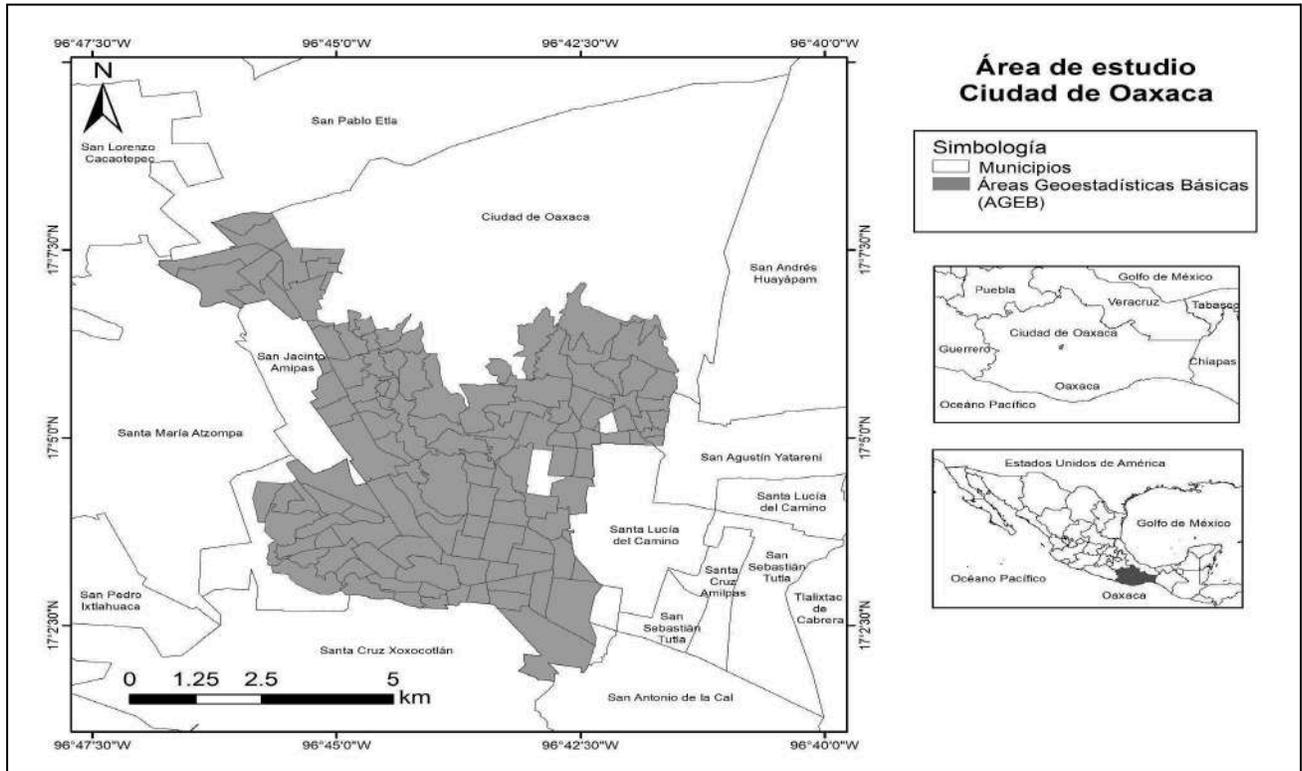
Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). (2023). *Plan de desarrollo institucional de la unidad Xochimilco 2023-2033*. <https://www.xoc.uam.mx/wp-content/uploads/2023/08/PDI-2023-2033.pdf> (Consultado el 18/12/2023).

Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). (2023). Misión y Visión UAM. <https://www.uam.mx/mision/index.html> (Consultado el 06/07/2024).

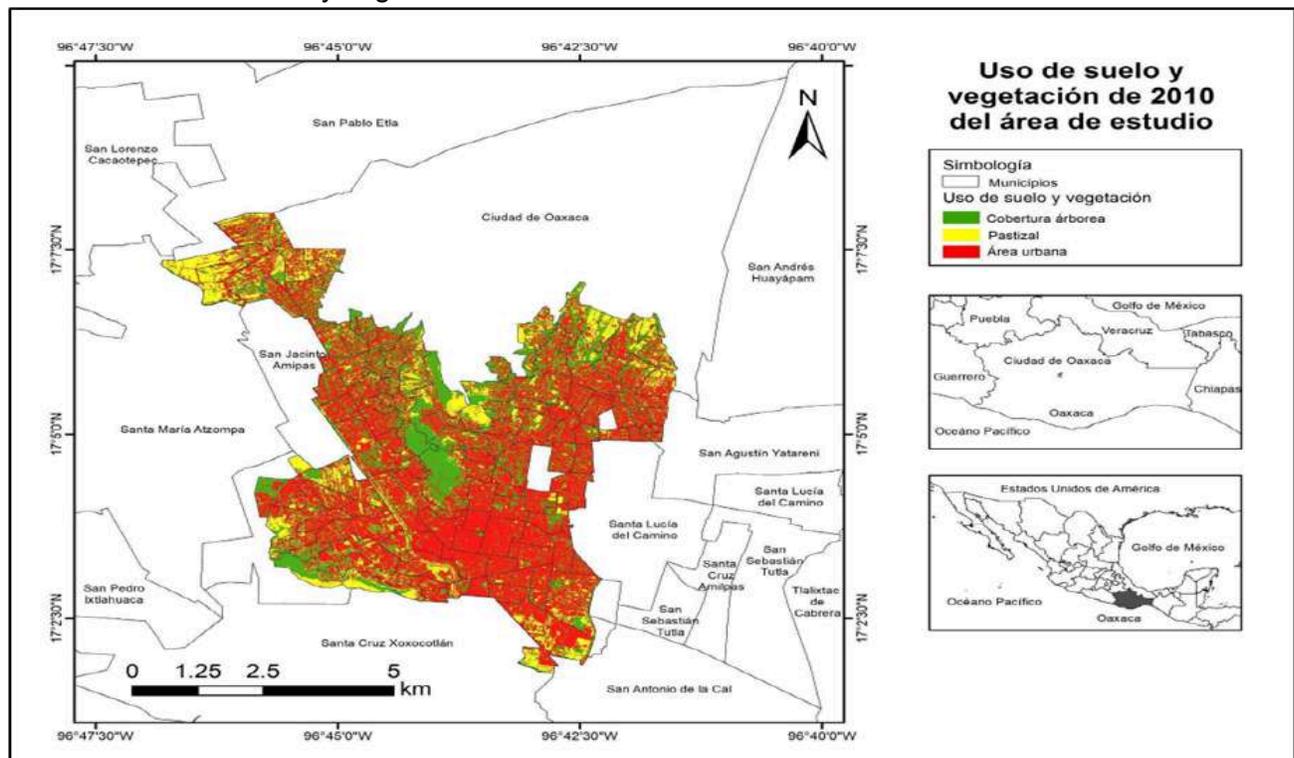
Universidad Nacional de La Plata (UNLP). (2021). La importancia de los Espacios Verdes. <https://unlp.edu.ar/wp-content> (Consultado el 09/05/202

Anexos

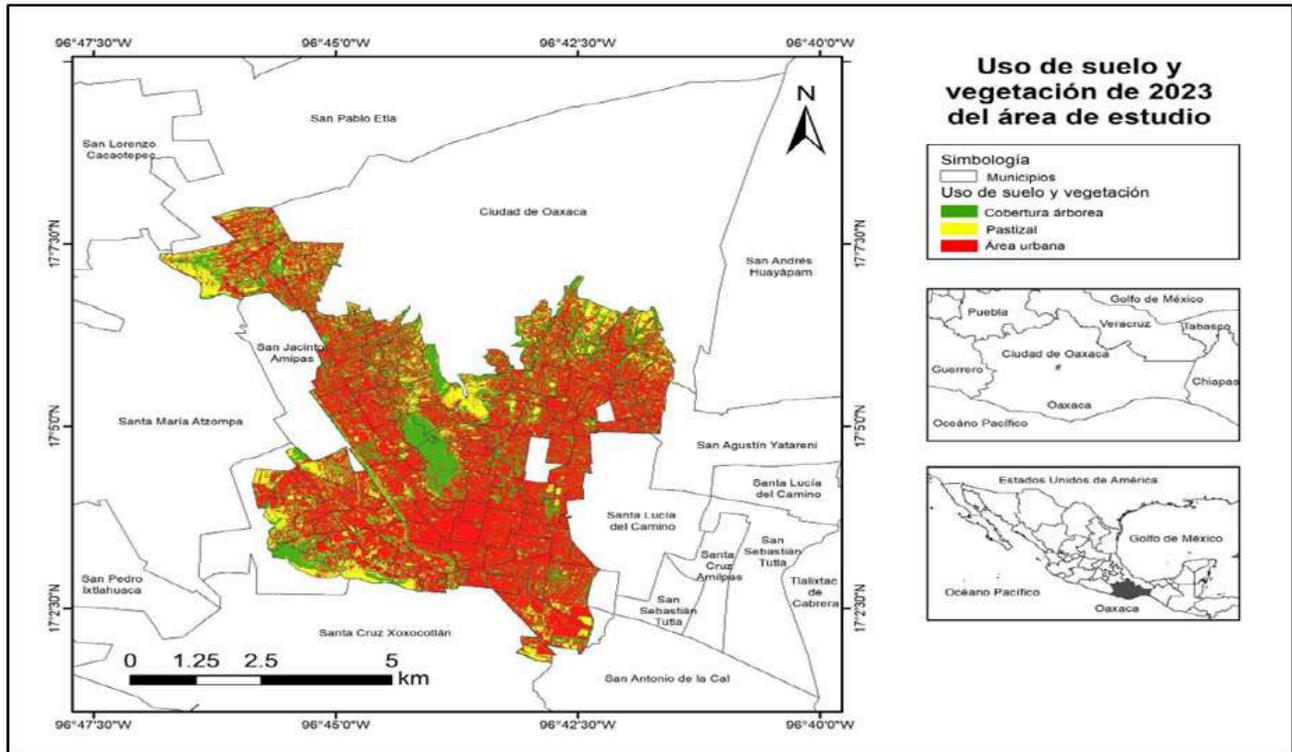
Anexo 1. Mapa del área de estudio.



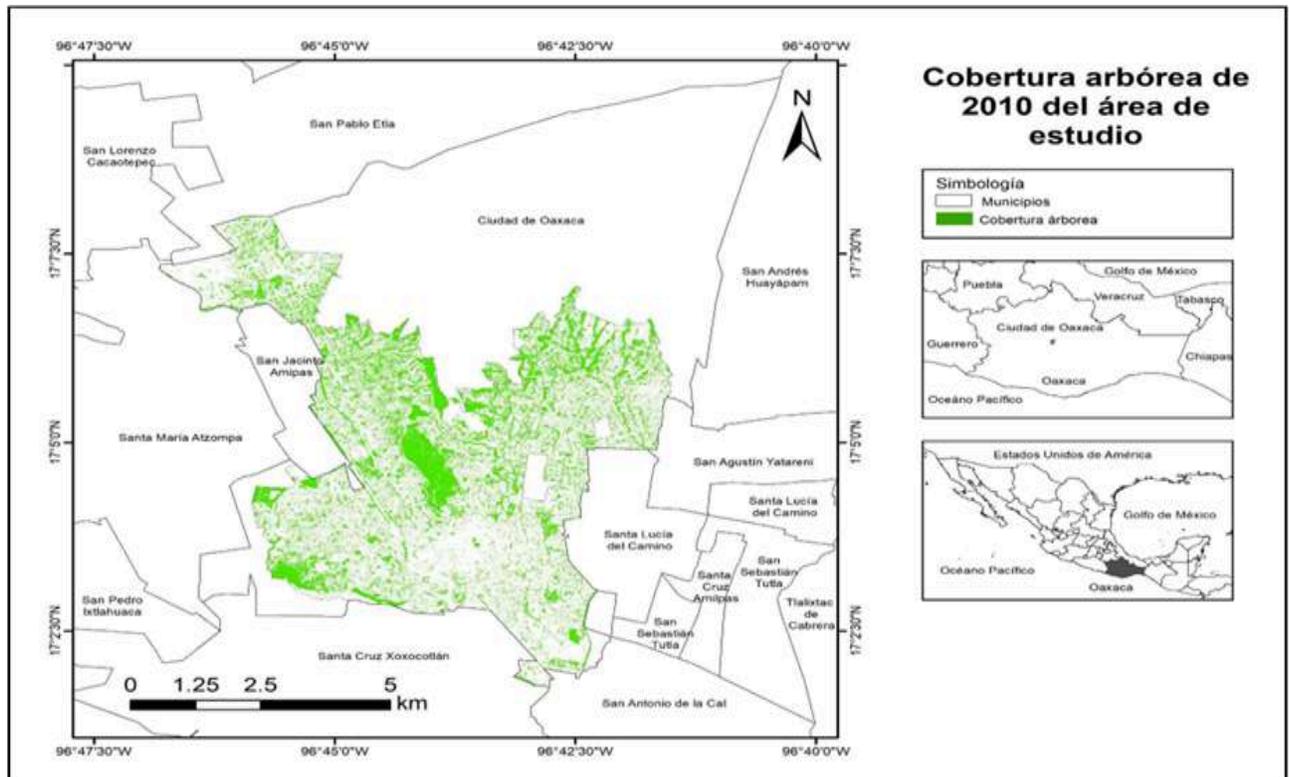
Anexo 2. Uso de suelo y vegetación de 2010 del área de estudio.



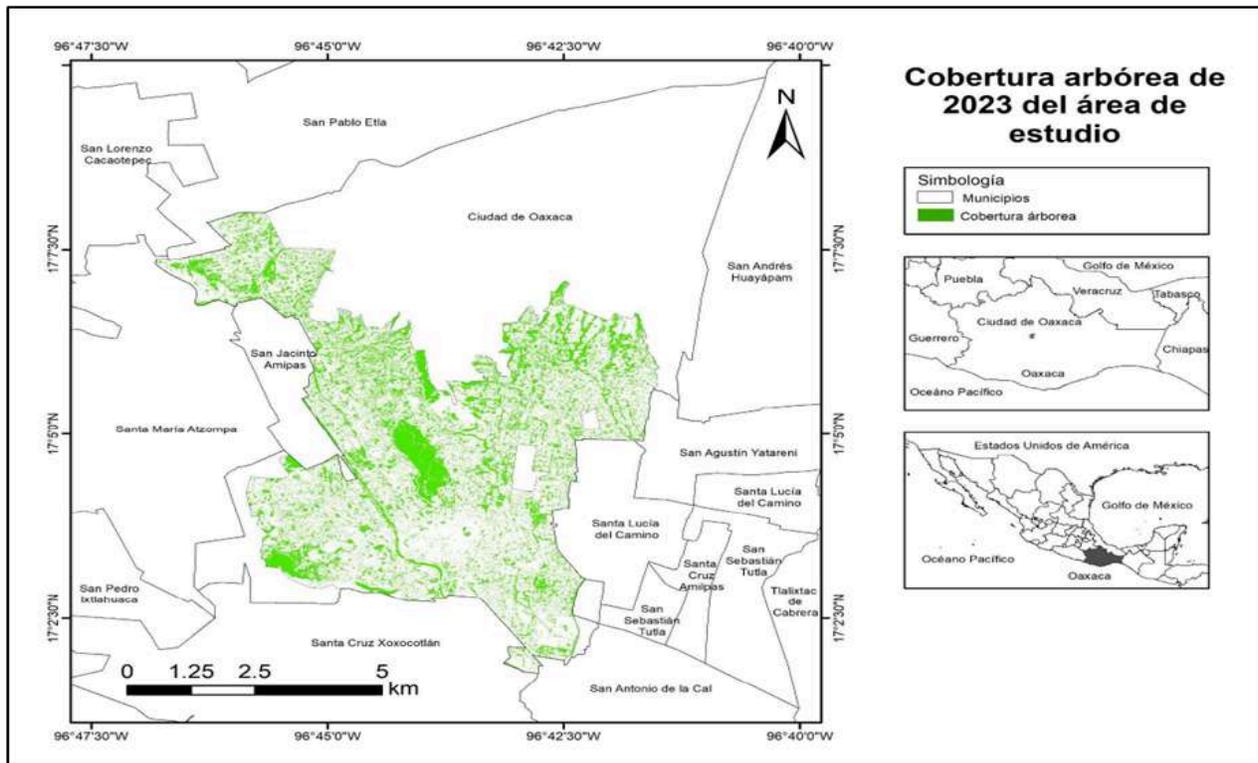
Anexo 3. Uso de suelo y vegetación de 2023 del área de estudio.



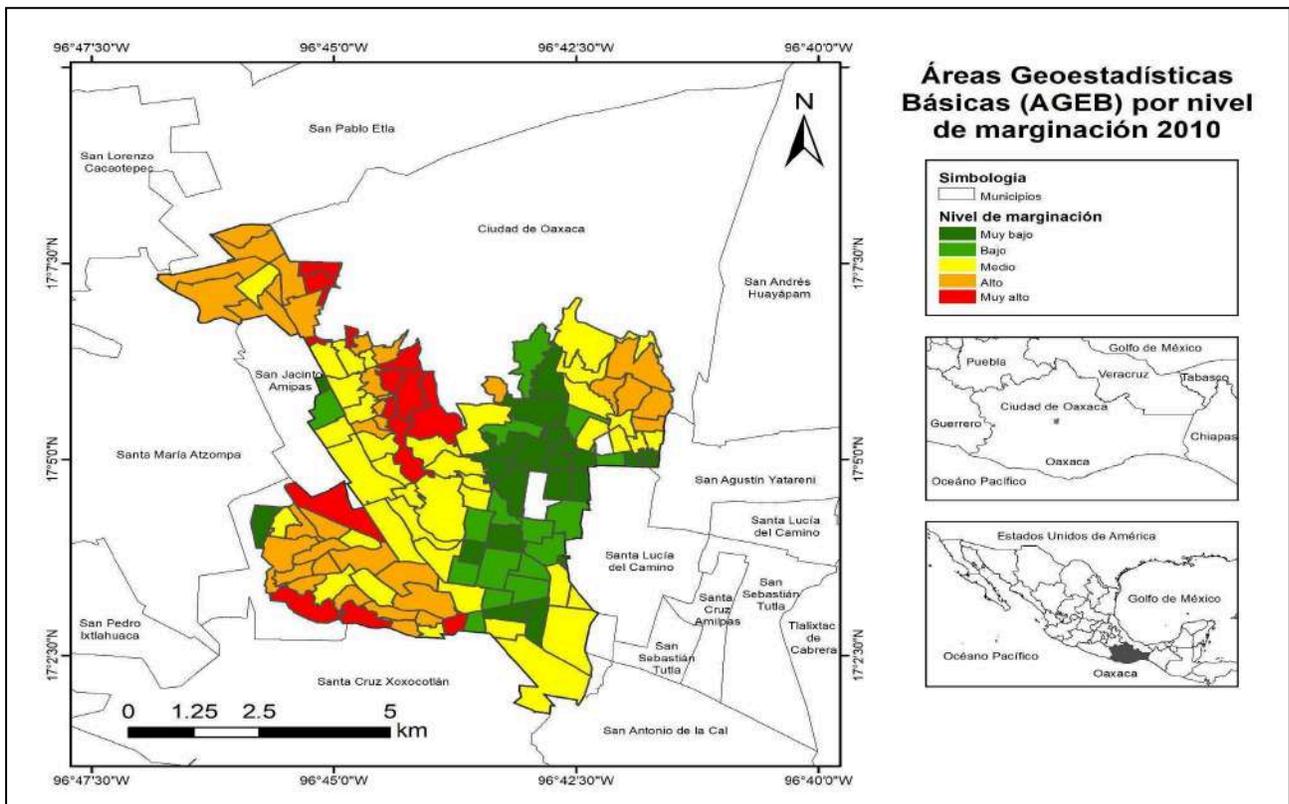
Anexo 4. Cobertura arborea de 2010 del área de estudio.



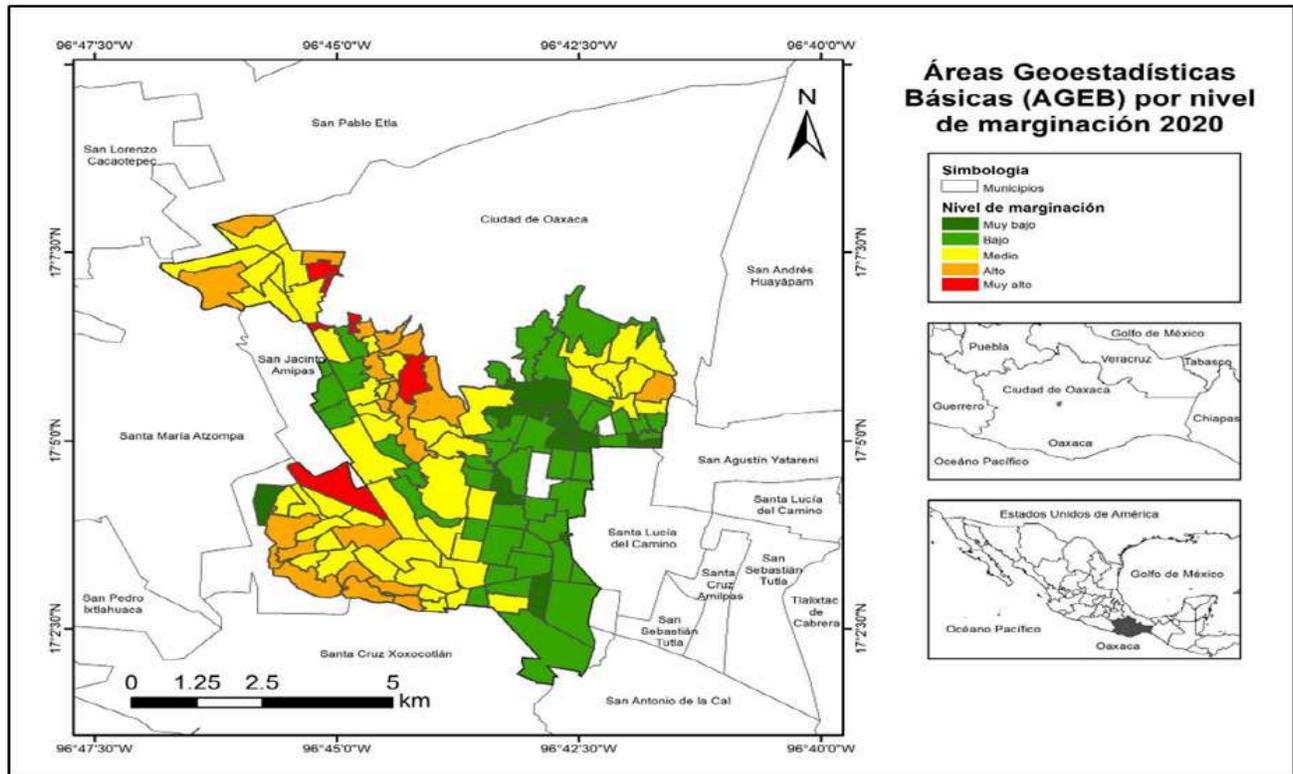
Anexo 5. Cobertura arbórea de 2023 del área de estudio.



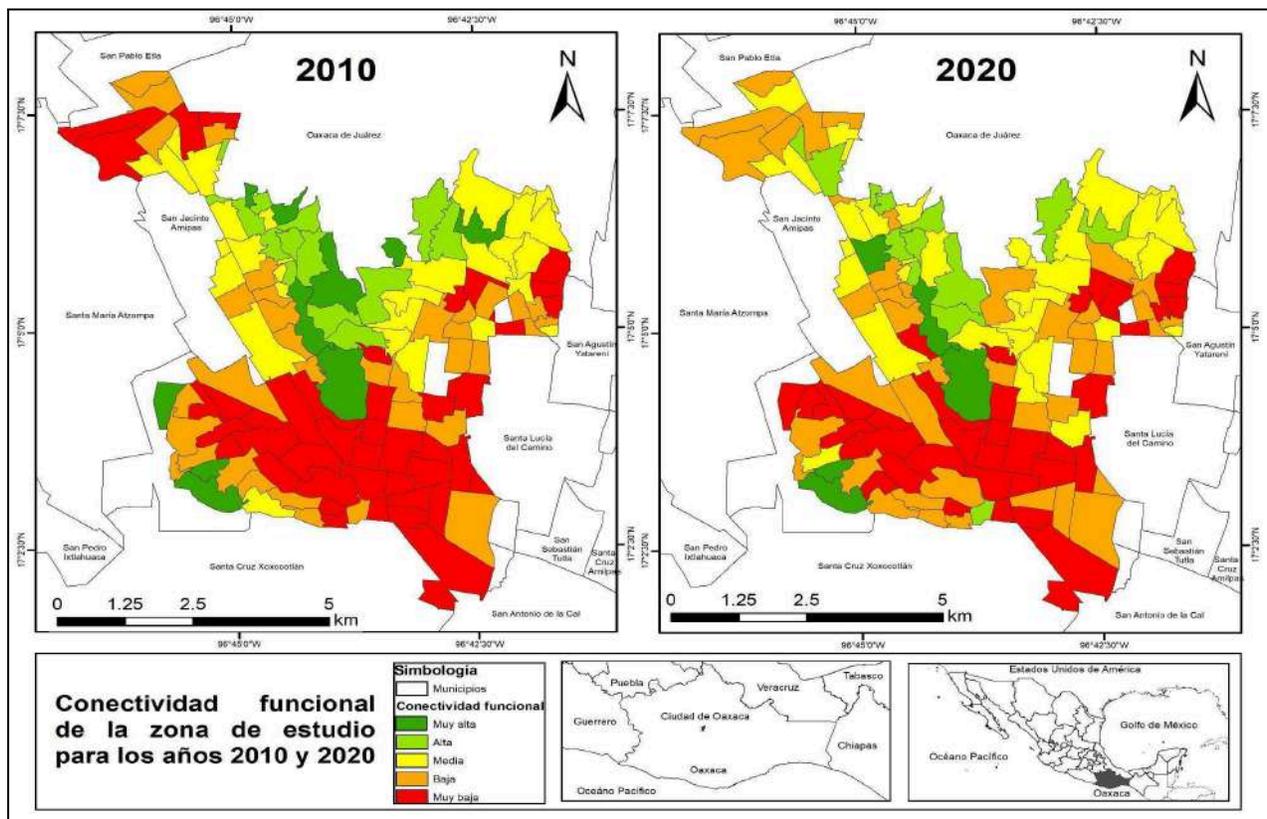
Anexo 6. Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) por nivel de marginación 2010.



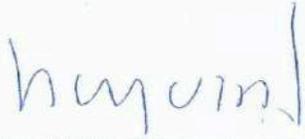
Anexo 7. Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) por nivel de marginación 2020.



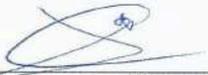
Anexo 8. Conectividad funcional del área de estudio para los años 2010 y 2020.



Validación de los asesores



Mtro. Gilberto Sven Binnquist Cervantes
No. Económico: 20032



Dr. Juan José Von Thaden Ugalde
No. Económico: 45613