



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Análisis de cambio de las  
áreas verdes urbanas de la  
ciudad de México 2000-2010**

**TESIS**

Que para obtener el título de  
**Ingeniero Geomático**

**P R E S E N T A (N)**

**Diergo Orlando Sánchez González**

**DIRECTOR(A) DE TESIS**

**Dr. Juan Manuel Núñez  
Hernández**



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., Ingresada 2022**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **Dedicatoria**

Dedico esta tesis aquellas personas que estuvieron desde el inicio y llegaron al final, que con su apoyo y aliento he podido llegar hasta aquí e incitan a avanzar cada día un poco más.

También aquella persona que inicio, pero no logro contemplar el final de este proceso, sin embargo, sus consejos y recuerdos nunca se irán y siempre los tendré presente en los caminos que esté pensando en tomar.

Por último, aquellas personas que se presentaron a su debido tiempo para transferirme sus conocimientos y poder ver el mundo desde otra perspectiva. También me enseñaron que la vida es una increíble aventura si se cuenta con grandes compañías.

## **Agradecimientos**

Agradezco mucho a los maestros, compañeros y a la universidad en general por todas las oportunidades que me ha brindado y espero algún día poder retribuirle profesionalmente.

Le agradezco a mis hermanos, no solo por estar presente aportando grandiosas cosas a mi vida, sino por la gran felicidad que le aportan a ella, además de la confianza de saber que tengo un buen equipo a mi lado.

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy, muchos de los logros se los agradezco a ustedes ya que me formaron con principios y libertades que llevo conmigo siempre.

Sencillo no ha sido el proceso, por lo cual agradezco a mi asesor el Dr. Juan Manuel Núñez para haber estado apoyando en este proceso que dadas las diversas situaciones actuales se alargó más de lo esperado.

<b>Contenido</b>	
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>II</b>
<b>Agradecimientos</b> .....	<b>III</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>Capítulo 1 Las áreas verdes urbanas.</b> .....	<b>2</b>
1.1 Clasificación de Áreas verdes urbanas .....	2
1.1.1 Parques periurbanos.....	2
1.1.2 Parque urbano .....	2
1.1.3 Jardín urbano.....	2
1.1.4 Jardines históricos .....	3
1.2 Servicios ambientales y áreas verdes urbanas .....	3
1.2.1 Aprovechamiento. ....	3
1.2.2 Regulación.....	4
1.2.3 Hábitat .....	6
1.2.4 Servicios culturales y de esparcimiento.....	6
1.3 Funciones negativas de las áreas verdes urbanas. ....	7
<b>Capítulo 2 Las áreas verdes urbanas de la Ciudad de México</b> .....	<b>8</b>
2.1 Historia de las áreas verdes urbanas en la Ciudad de México .....	8
2.2 Contexto actual de las áreas verdes urbanas en la ciudad de México.....	9
2.2.1 Nuevos enfoques para el desarrollo de las áreas verdes urbanas ...	12
2.3 Gestión de las áreas verdes urbanas de la Ciudad de México .....	16
2.3.1 Mantenimiento de las áreas verdes urbanas .....	16
<b>Capítulo 3 Inventarios de áreas verdes de la ciudad de México basados en datos de percepción remota.</b> .....	<b>19</b>
3.1 Mapeo de áreas verdes urbanas basadas en datos de percepción remota.	19
3.2 Primer inventario: Áreas verdes urbanas de la Ciudad de México, 2000.	20
3.2.1 Características de satélite IKONos. ....	20
3.2.2 Áreas verdes urbanas de la Ciudad de México, 2000.....	21
3.3 Segundo inventario: Áreas verdes urbanas de la Ciudad de México, 2010.	23
3.3.1 Características del satélite QuickBird .....	23
3.2.2 Áreas verdes urbanas de la Ciudad de México, 2010.....	23
<b>Capítulo 4 Análisis de cambio de las áreas verdes urbanas del 2000-2010</b>	<b>26</b>
4.1 Preprocesamiento de la información.....	27
4.2 Análisis de Superposición y matriz de cambio .....	27
<b>Capítulo 5 Resultado y discusión.</b> .....	<b>29</b>
5.1 Cambio de Áreas verdes urbanas en la CDMX.....	29
5.1.1 Análisis respecto a inventarios publicados oficialmente. ....	29

5.2 Cambio de Áreas verdes urbanas por Alcaldías .....	32
5.3 Áreas Verdes por habitantes.....	44
5.4 Cambio de Áreas verdes urbanas clasificadas en la CDMX.....	47
<b>5.5 Diferencia entre Martin M. Checa-Artasu y resultados de tesis .....</b>	<b>52</b>
<b>Capítulo 6 Conclusiones.....</b>	<b>57</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>58</b>
<b>Contenido.....</b>	<b>59</b>
Imágenes .....	59
Mapas .....	59
Tablas .....	59
Graficas.....	60

## Introducción

Las áreas verdes urbanas cuentan con diversas escalas para generar un análisis, en este escrito se utilizarán solo dos tipos de escalas. La primera, la escala de la extensión y dimensiones de las áreas verdes urbanas existentes, con la que se determina la ganancia, pérdida y/o conservación de las áreas verdes urbanas. La segunda, la escala de áreas verdes por habitante, que nos sirve como indicador que refleja el acceso que tiene los habitantes a las áreas verdes existentes

Las noticias sobre las áreas verdes en la Ciudad de México mencionan datos que solo muestran el incremento de áreas verdes en la ciudad, mientras que en la cotidianidad se observa que en algunas zonas de la Ciudad de México sucede lo contrario. Esta situación de ganancias y pérdidas de áreas verdes en diversos lugares se debe a la dinámica urbana de la ciudad, por lo que su entendimiento puede ser abordado a partir del análisis de cambio de las áreas verdes urbanas.

Gracias a las tecnologías geoespaciales contemporáneas, estos análisis se realizan aplicando técnicas de la geomática, como son los sistemas de información geográfica y percepción remota, esto para calcular de manera aproximada la cantidad de áreas verdes urbanas que se perdieron, se ganaron o se conservaron durante un periodo de tiempo determinado. Considerando información publicada por instituciones oficiales se realizó un análisis de un periodo de ocho años, el cual comprende del año 2000 al 2010. Con los resultados del análisis de cambio y combinando con otros datos geográficos disponibles se realizan diversos análisis, como son las áreas verdes urbanas por habitantes y el cambio de áreas verdes urbanas. Finalmente, los resultados obtenidos se discuten y se comparan con otros estudios previos que abordan el estudio de las áreas verdes en la Ciudad de México.

## **Capítulo 1 Las áreas verdes urbanas.**

Es importante definir que son las áreas verdes urbanas, su clasificación y conocer también sus beneficios o relación que estos tienen para la ciudad y sus habitantes.

Para definir que son las áreas verdes urbanas citaremos dos autores con sus respectivas definiciones. El primer autor, Gómez Basten (2005), plantea que “las áreas verdes y espacios abiertos de una ciudad son una interfaz o mecanismo de relación entre el medio urbano y el medio natural”. El segundo autor, Benavidez Meza (2003), la define como la “comunidad vegetal conformada por árboles, arbustos y plantas herbáceas que se encuentran en las ciudades y que están en interacción con el resto de los componentes del ecosistema urbano”. Para el análisis de las áreas verdes urbanas como la comunidad vegetal conformada por árboles, arbustos y plantas herbáceas que se encuentran dentro de la Ciudad de México, esta definición se acerca más con la definición del segundo autor que a la del primero, esto porque el primer autor involucra también a los espacios abiertos, pero no quiere decir que por ser espacios abiertos estos cuenten con vegetación, por lo cual es fundamental que cuente con vegetación para que esta sea llamada áreas verdes urbanas.

### **1.1 Clasificación de Áreas verdes urbanas**

La clasificación de las áreas verdes urbanas se realiza de múltiples formas por los distintos autores, desde las clasificaciones según la extensión hasta la clasificación por las especies más representativas o las necesidades de mantenimiento, pasando por aquellas que atienden al estilo de su diseño, se pueden encontrar multitud de criterios.

La dotación de áreas verdes en nuestras ciudades incluye lugares públicos (de libre acceso) y privados (acceso restringido). Muchas de nuestras áreas verdes se planean respecto a las construcciones, las vías y demás obras civiles urbanas. Su caracterización depende de la dimensión, el diseño y la competencia por el espacio con redes de servicios. Incluso algunos más que podremos describir y analizar las distintas modalidades o zonas verdes que existen a continuación.

#### **1.1.1 Parques periurbanos**

Corresponden a los espacios forestados y acondicionados para su disfrute de la población, asignándoseles una finalidad restauradora y paisajista. Estos pueden cumplir una gran diversidad de funciones cuando se planifica como un sistema de espacios libres de protección natural.

#### **1.1.2 Parque urbano**

Estos están destinados principalmente para la recreación, el reposo y mejorar la salubridad y calidad ambiental en las ciudades. Suelen contar con zonas forestadas naturales y también con juegos infantiles, juegos libres y áreas para el deporte.

#### **1.1.3 Jardín urbano**

Espacios ajardinados urbanizados destinados tanto al disfrute de la población como al ornato y la mejora de la calidad estética. En ellos se les da prioridad a los elementos ornamentales y a las áreas adecuadas para la relajación del público.

#### **1.1.4 Jardines históricos**

Coinciden con parques, paseos y bulevares que cuentan muchas veces con mobiliario urbano histórico o de gran valor artístico. De igual manera dentro de esta categoría incluyen los jardines ubicados en fincas o haciendas rústicas o patrimonios emblemáticos.

Los parques junto con otras áreas verdes urbanas deberían ser los suficientes para realizar actividades de esparcimiento social. Además, de también contar con áreas verdes urbanas de carácter privado que, aunque su acceso es limitado, ofrecen los mismo servicios , pongamos por ejemplo las azoteas verdes estas áreas nos proporcionan otros servicios ambientales.

### **1.2 Servicios ambientales y áreas verdes urbanas**

Los servicios o las utilidades que la naturaleza proporciona a la humanidad en su conjunto, o a una población local, basándose en categorizaciones previas de los servicios del ecosistema, la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio y The Economics of Ecosystem Services and Biodiversity se identifican múltiples tipos de servicios ecosistémicos agrupados en cuatro categorías: aprovisionamiento, regulación, hábitat y servicios culturales y de esparcimiento.

#### **1.2.1 Aprovisionamiento.**

La funcionalidad de aprovisionamiento de las áreas verdes urbanas se relaciona con los bienes que se puedan obtener de ellas, como es el caso de la comida que, aunque en las zonas urbanas es una producción pequeña, al igual que el agua, es importante tenerla presente

##### **1.2.1.1 Agua fresca**

El crecimiento de las ciudades en todo el mundo presenta nuevos desafíos para asegurar el agua para satisfacer las necesidades de la sociedad. Las áreas verdes urbanas proporcionan a las ciudades una pequeña cantidad de agua fresca para beber y otros usos humanos y asegurando el almacenamiento y la liberación controlada de los flujos de agua. La cubierta vegetal y los bosques en la cuenca de la ciudad influyen en la cantidad de agua disponible. Uno de los ejemplos más citados de la importancia del funcionamiento de los ecosistemas para el suministro de agua es la Cuenca de la Ciudad de Nueva York. Esta cuenca es uno de los recursos naturales más importantes del Estado de Nueva York, proporcionando aproximadamente 1.3 mil millones de galones de agua potable aproximadamente a nueve millones de personas todos los días. Este es el mayor suministro de agua sin filtrar en los Estados Unidos. Otro ejemplo es la Cuenca Ömerli fuera de Estambul, Turquía. El Ömerli cuenca es el más importante de las siete cuencas mediterráneas que suministra agua potable a Estambul, una megaciudad con más de diez millones de personas. La cuenca, sin embargo, se ve amenazada por el desarrollo urbano en los alrededores de sus fuentes de agua potable, y se enfrenta a presiones agudas no planificadas de la urbanización con impactos potencialmente graves sobre la calidad del agua y la biodiversidad.

##### **1.2.1.2 Comida**

La producción urbana de alimentos se lleva a cabo en los campos agrícolas periurbanas, en los techos, en los patios y en los jardines comunitarios. En la mayoría de los contextos geográficos, las ciudades sólo producen una pequeña parte de los alimentos que consumen, dependiendo en gran medida de otras áreas para satisfacer sus demandas alimenticias. En algunas áreas geográficas y en determinados períodos, la producción de alimentos procedentes de la agricultura urbana desempeña

un papel importante para la seguridad alimentaria, especialmente durante las crisis económicas y políticas.

### **1.2.2 Regulación.**

Esta funcionalidad se caracteriza por ser un beneficio de algún proceso que se realice dentro de las áreas verdes urbanas como es la moderación climática, la descomposición de desechos orgánicos y la relación de las áreas verdes urbanas con el clima global.

#### **1.2.2.1 Regulación climática urbana.**

La infraestructura ecológica en las ciudades regula las temperaturas locales y amortigua los efectos de las islas de calor urbano. Por ejemplo, las zonas de aguas amortiguan la temperatura extrema mediante la absorción de calor en verano y liberándolo en tiempos de invierno. Así mismo, la vegetación reduce la temperatura en los meses más calurosos a través de sombreado y a través de la absorción de calor desde el aire por evapotranspiración, particularmente cuando la humedad es. El agua de las plantas absorbe el calor ya que se evapora, enfriando así el aire en el proceso. Los árboles también regulan la temperatura local al crear las superficies de sombra, como en las calles y las aceras que de otra forma absorberían el calor. Disminuir la carga de calor de la ciudad es uno de los servicios reguladores más importantes que los árboles proporcionan a las ciudades.

#### **1.2.2.2 Tratamiento de desechos**

Las áreas verdes urbanas también filtran y descomponen los desechos orgánicos de los efluentes urbanos almacenando y reciclando los desechos a través de la dilución, la asimilación y la recomposición química. Los humedales y otros sistemas acuáticos, por ejemplo, filtran desechos de actividades humanas; Este proceso reduce el nivel de nutrientes y la contaminación en las aguas residuales urbanas. Del mismo modo, las comunidades de plantas en suelos urbanos desempeñan un papel importante en la descomposición de muchos tipos de desechos lábiles y recalcitrantes. En las corrientes urbanas, la retención de nutrientes aumenta, agregando escombros leñosos gruesos, construyendo lechos de grava en el canal y aumentando el ancho de las zonas de amortiguación de vegetación y la cubierta arbórea.

#### **1.2.2.3 Regulación del clima global**

Debido a las áreas urbanas que presentan múltiples superficies artificiales y los altos niveles de combustión de combustibles fósiles, los impactos del cambio climático son exacerbados en las ciudades. Las emisiones de gases de efecto invernadero en las ciudades incluyen dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (NO<sub>2</sub>), clorofluorocarbonos (CFC), y ozono troposférico (O<sub>3</sub>). Los árboles urbanos actúan como sumideros de CO<sub>2</sub> mediante el almacenamiento de exceso de carbono en forma de biomasa durante la fotosíntesis. Debido a que la cantidad de CO<sub>2</sub> almacenado es proporcionalmente a la biomasa de los árboles, una opción atractiva para la mitigación del cambio climático son los programas de plantación de árboles, ya que potencialmente ralentizaría la acumulación de CO<sub>2</sub> en la atmósfera.

#### **1.2.2.4 Purificación de Aire.**

La contaminación del aire por el transporte, la industria, la calefacción doméstica y la incineración de residuos sólidos urbanos es un problema importante para la calidad ambiental y la salud humana en el entorno urbano; conduce a aumentos en enfermedades respiratorias y cardiovasculares. La vegetación en las áreas verdes urbanas mejora la calidad del aire al eliminar los contaminantes de la atmósfera,

incluidos el ozono (O<sub>3</sub>), el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) y partículas menores de 10 µm (PM<sub>10</sub>). Se han encontrado que existe diferencias en el rendimiento entre los diferentes tipos de especies, por ejemplo, especies de hoja caduca y de hoja perenne, se ha demostrado que los árboles urbanos son especialmente importantes para interceptar contaminantes del aire. La distribución de diferentes fracciones de tamaño de partícula difiere tanto entre las especies como dentro de ellas y también entre las superficies de las hojas y en las aceras. La eliminación de la contaminación se produce a medida que los árboles y arbustos filtran las partículas en el aire a través de sus hojas. El rendimiento de la eliminación de la contaminación también sigue la variación diaria, porque durante la noche las estomas de las plantas están cerrados y no absorben contaminantes. La variación mensual se debe a los cambios en las horas de luz y al desprendimiento de las hojas por parte del bosque caducifolio durante el invierno.

#### **1.2.2.5 Reducción de ruido.**

El tráfico, la construcción y otras actividades humanas hacen que el ruido sea un importante problema de contaminación en las ciudades que afecta la salud a través del estrés. El suelo y las plantas urbanas atenúan la contaminación acústica mediante la absorción, desviación, reflexión y refracción de las ondas sonoras. En las plantaciones de árboles en fila, las ondas de sonido se reflejan y refractan, dispersando la energía del sonido a través de las ramas y los árboles. También se ha demostrado que diferentes especies de plantas mitigan el ruido de manera diferente. La investigación empírica ha encontrado que los factores de vegetación importantes para la reducción del ruido incluyen la densidad, el ancho, la altura y la longitud de los cinturones de los árboles, así como el tamaño de las hojas y las características de ramificación, por ejemplo, cuanto más ancho es el cinturón de vegetación, mayor es la densidad, el follaje y las ramas a lo cual reducen la energía del sonido, reduciendo en mayor parte el efecto del sonido. La reducción de ruido también se ve afectada por factores más allá de las características de la vegetación, por ejemplo, la temperatura influye en la velocidad de propagación del sonido y la atenuación del ruido aumenta con la distancia entre el punto fuente y el receptor debido a la fricción entre las moléculas atmosféricas.

#### **1.2.2.6 Moderación de climas extremos.**

El cambio climático está aumentando la frecuencia e intensidad de los extremos ambientales; Esto plantea desafíos de adaptación cada vez mayores para las ciudades, especialmente para aquellas ubicadas en áreas costeras. En Europa, las olas de calor han sido el peligro más destacado con respecto a las muertes humanas en la última década. La ola de calor europea de 2003, por ejemplo, representó más de 70,000 muertos. La infraestructura ecológica formada por manglares, deltas y arrecifes de coral actúan como barreras naturales que protegen a las ciudades de los fenómenos climáticos extremos y los peligros, como tormentas, olas de calor, inundaciones, huracanes y tsunamis. La vegetación también estabiliza el suelo y reduce la probabilidad de deslizamientos de tierra y/o hundimientos. Los efectos devastadores causados por eventos como el tsunami del Océano Índico en 2004 y el huracán Katrina en 2005 han llevado a varios científicos a pedir una nueva visión en la gestión de riesgos y la reducción de la vulnerabilidad en las ciudades, basada en combinaciones sabias en el uso de infraestructura construida e infraestructura ecológica.

### **1.2.3 Hábitat**

Son aquellos que son necesarios para la producción de todos los demás servicios del ecosistema. Los ejemplos incluyen la producción de biomasa, el ciclo de nutrientes, el ciclo del agua, el aprovisionamiento de hábitat para especies y el mantenimiento de piscinas genéticas y procesos evolutivos

#### **1.2.3.1 Hábitat para la biodiversidad**

Las áreas verdes urbanas desempeñan un papel importante como refugio para muchas especies de aves, anfibios e insectos. Los techos verdes bien diseñados proporcionan hábitat para especies afectadas por cambios en el uso del suelo urbano. En zonas frías y lluviosas, los campos de golf en entornos urbanos contribuyen al apoyo de la fauna de los humedales. La diversidad de especies alcanza su punto máximo en los niveles intermedios de urbanización, en los que prosperan muchas especies nativas y no nativas, pero generalmente disminuye a medida que se intensifica la urbanización.

#### **1.2.3.2 Polinización, regulación de plagas y dispersión de semillas**

La polinización, la regulación de plagas y la dispersión de semillas son procesos importantes en la diversidad funcional de las áreas verdes urbanas y desempeñan un papel fundamental en su durabilidad a largo plazo. Sin embargo, los polinizadores, los reguladores de plagas y los dispersores de semillas están amenazados por la pérdida y fragmentación de las áreas debido al desarrollo urbano y la expansión. En este contexto, jardines privados y otros espacios de áreas verdes urbanos han demostrado ser áreas importantes ya que permiten ser un puente entre las áreas verdes urbanas fragmentadas. Además, la investigación en servicios de áreas verdes urbanos muestra que una serie de prácticas de manejo formales e informales en jardines, cementerios y parques de la ciudad promueven grupos funcionales de insectos que mejoran la polinización y a las comunidades de aves, lo que a su vez aumenta la dispersión de semillas. Para gestionar estos servicios de manera sostenible a lo largo del tiempo Jansson y Polasky en el 2010 han desarrollado un método para cuantificar el impacto del cambio en el potencial de polinización en el paisaje urbano regional.

### **1.2.4 Servicios culturales y de esparcimiento.**

Las funciones culturales y de servicios de las áreas verdes urbanas se caracterizan por tener una relación de carácter social, educativo y cultural a las personas, como son los parques, los bosques, jardines comunitarios, entre otros.

#### **1.2.4.1 Recreación.**

Debido a que los entornos urbanos son estresantes para los habitantes, los aspectos recreativos de las áreas verdes urbanas se encuentran entre los con mayor valor en las zonas urbanas. Los parques, bosques, lagos y ríos ofrecen múltiples posibilidades de recreación, mejorando así la salud y el bienestar humanos. Por ejemplo, una experiencia en el parque se reduce el estrés, mejorar la contemplativa, rejuvenecer al habitante de la ciudad y proporcionar una sensación de paz y tranquilidad. El valor recreativo de los parques depende de características ecológicas como la diversidad biológica y estructural, pero también de la infraestructura construida, como la disponibilidad de bancos e instalaciones deportivas. Las oportunidades recreativas de las áreas verdes urbanas también varían con los criterios sociales, incluida la accesibilidad, la penetrabilidad, la seguridad, la privacidad y la comodidad, así como con los factores que causan trastornos sensoriales (es decir, el valor recreativo disminuye si las áreas verdes urbanas se perciben feas, con basura o demasiado ruidoso).

#### **1.2.4.2 Valores de lugar y cohesión social**

El apego a los espacios verdes en las ciudades también genera otros beneficios sociales importantes, como la cohesión social, la promoción de intereses compartidos y la participación del vecindario. Se han enfatizado el papel de las áreas verdes urbanas en la provisión de oportunidades para la interacción entre individuos y grupos que promueven la cohesión social y reducen la criminalidad. Del mismo modo, se ha descubierto que los ecosistemas urbanos desempeñan un papel en la definición de la identidad y el sentido de comunidad. La investigación sobre el sentido de comunidad en el entorno urbano indica que una comprensión de cómo se forman las comunidades nos permite diseñar viviendas que se mantendrán mejor y proporcionarán un mejor uso de las áreas verdes urbanas circundantes.

#### **1.3 Funciones negativas de las áreas verdes urbanas.**

Las áreas verdes urbanas también producen servicios negativos para el bienestar humano. Por ejemplo, algunas especies comunes de árboles y arbustos de la ciudad emiten compuestos orgánicos volátiles (COV) como isopreno, etano, propeno, butano, acetaldehído, formaldehído, ácido acético y ácido fórmico, todos los cuales contribuyen indirectamente al smog urbano y al ozono problemas por emisiones de CO y O<sub>3</sub>. La actividad microbiana provoca la descomposición de las estructuras de madera y los excrementos de aves causan la corrosión de los edificios y estatuas de piedra. Los sistemas de raíces de la vegetación a menudo causan daños sustanciales al romper los pavimentos y algunos animales a menudo se perciben como una molestia al cavar agujeros de anidación.

La escorrentía de techo verde contiene concentraciones más altas de contaminantes nutrientes, como nitrógeno y fósforo, que los presentes en los aportes de precipitación. Otro efecto negativo de las áreas verdes urbanas incluye problemas de salud de plantas polinizadas por el viento que causan reacciones alérgicas, también creando miedo a las áreas verdes urbanas que sin iluminación se presentan oscuras creando inseguridad y también a la presencia de enfermedades transmitidas por animales, por ejemplo, aves migratorias portadoras de influenza aviar, perros portadores de rabia, entre otras. Del mismo modo, así como las personas perciben algunas plantas y animales como servicios, los animales como las ratas, avispas y mosquitos, y las plantas como las ortigas, son percibidos por muchos como negativo de las áreas verdes urbanas.

## **Capítulo 2 Las áreas verdes urbanas de la Ciudad de México.**

### **2.1 Historia de las áreas verdes urbanas en la Ciudad de México**

La historia de las áreas verdes en la ciudad de México data de la época prehispánica tras la fundación del México-Tenochtitlán hacia el 1324 D.C en un islote. La expansión de la ciudad sobre el lago marcó la aparición de las chinampas –superficies flotantes formadas por varas y troncos donde se sostenía una capa de tierra de gran fertilidad, en donde se practicaba la horticultura y fruticultura, así como la producción de plantas ornamentales y su conexión mediante canales hacia diferentes islotes urbanos asociados a los montículos o cerros naturales que emergían del interior del lago. En esa época el bosque de Chapultepec considerado uno de los bosques sagrados más importantes, sobresalía por su vegetación y sus manantiales de donde se derivaba el agua que era utilizada en la ciudad de Tenochtitlan. Ya para la fundación de la Ciudad de México como ciudad española en 1521, la transformación del medio geográfico y urbano tuvieron una profunda influencia en el diseño de las áreas verdes urbanas y en el manejo de la vegetación natural del entorno. En la ciudad colonial sus plazas definieron gran parte de la aparición de algunos espacios verdes en la ciudad; la Alameda construida hacia 1560 es un ejemplo de área destinada a la convivencia y la recreación.

Durante los últimos años del siglo XIX los parques y jardines públicos de la Ciudad de México, representaban el 2% de la superficie urbana. No obstante, bajo la dictadura porfirista se dio un gran impulso al rebosamiento de parques y avenidas con un estilo europeo. Una década después y bajo el mando del ingeniero Miguel Ángel de Quevedo la ciudad de México aumentó drásticamente su porcentaje de áreas verdes (16%). Otro impulso importante de los espacios verdes que circundaban a la Ciudad de México ocurrió durante el cardenismo, con la creación de parques nacionales como el Desierto de los Leones y las Cumbres del Ajusco, sin embargo, varios de ellos se rindieron ante las concesiones forestales de la gran industria papelera de la ciudad. Ya en años más recientes, la ampliación del bosque de Chapultepec, la inauguración del Bosque de Aragón (ambos en 1964) y la integración del bosque de Tlalpan, representan el último impulso de construcción de grandes áreas verdes; ya que tras la integración del Distrito Federal en 16 delegaciones (actualmente llamadas alcaldías) durante los 70's, la aparición de ejes viales y grandes unidades habitacionales, impulsó una política de jardinerías, cuyo mantenimiento principalmente recae en las autoridades locales.

Ya en años más recientes y tras la definición del Suelo de Conservación en el programa general de desarrollo (1996) los problemas sobre la coordinación interinstitucional han marcado la planeación y manejo de las áreas verdes urbanas y de los alrededores de la Ciudad de México. A principios de este siglo se emite el primer Inventario General de las Áreas Verdes del Distrito Federal (Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, 2003) en donde se señala que el 20% de la superficie urbana del Distrito Federal está cubierta por áreas verdes públicas y privadas. Este ejercicio representó un avance significativo en cuanto a las cifras previas existentes, ya que la estimación de la superficie de áreas verdes antes del inventario era del 7.3% en suelo urbano. Esta diferencia se explica por varios factores ya que no incluye las áreas verdes privadas, el universo de pequeñas áreas verdes que no cuentan con ningún tipo de manejo y las zonas de barrancas en suelo urbano, el sesgo a

contabilizar únicamente espacios arbolados, entre otros. Si sólo se considera las áreas arboladas, el indicador disminuye a 8.4 m<sup>2</sup>/hab y si sólo se considera las áreas verdes urbanas bajo manejo, el porcentaje disminuye a 5.3 m<sup>2</sup>/hab.

Para 2009 la PAOT supervisó el trabajo de la Universidad Autónoma de Chapingo en la elaboración de un nuevo estudio para la determinación de espacios verdes a partir del empleo de imágenes satelitales. En este estudio se determinaron las áreas verdes en suelo urbano y suelo de conservación con una unidad mínima de mapeo de 50 m<sup>2</sup>. Para el caso del suelo urbano se usaron imágenes de satélite de todo el Distrito Federal que fueron adquiridas por la PAOT y cuya fuente es el satélite Quick Bird, de donde se desprenden 3 clases: zonas arboladas, pastos y arbustos, y áreas deportivas. Mientras que, para el caso de suelo de conservación, se emplearon imágenes del satélite SPOT-5 de donde se identifican árboles, pastos y arbustos, y zonas agrícolas. De este trabajo se desprende que para el 2010 la superficie de áreas arboladas para todo el Distrito Federal es de 52%, destacando 43.5% el porcentaje en suelo de conservación; No obstante, para las zonas urbanas el promedio de zonas arboladas por habitante es de 10 m<sup>2</sup>/hab y de 16 m<sup>2</sup>/hab el promedio de áreas verdes referidos al 2005. Cabe mencionar que este último estudio contempló el desarrollo de los siguientes dos indicadores de arbolado: Índice de Calidad del Arbolado Urbano (ICAU) y el Indicador de la Riqueza de Especies de Arbolado Urbano (IREAU); lo que representa un avance en términos de la calidad del arbolado urbano.

## 2.2 Contexto actual de las áreas verdes urbanas en la ciudad de México.

Teniendo acceso a los datos abiertos de la ciudad de México, los cuales pertenecen al año 2017, se obtuvieron que las áreas verdes urbanas se encontraban clasificadas en las siguientes categorías:

Categorías	Área (Km <sup>2</sup> )
Áreas con características de protección	0.010
Áreas con categoría de protección	8.841
Áreas con vegetación reminiscente	1.964
Áreas verdes complementarias o ligadas a la red vial	9.530
Áreas verdes con estructura urbana	0.024
Áreas verdes urbanas fragmentadas	3.354
Equipamientos urbanos con vegetación	28.406
Forestación urbana	0.025
Parques, arboledas y alamedas	12.670
Plazas y jardines	3.650
Vivero	0.428

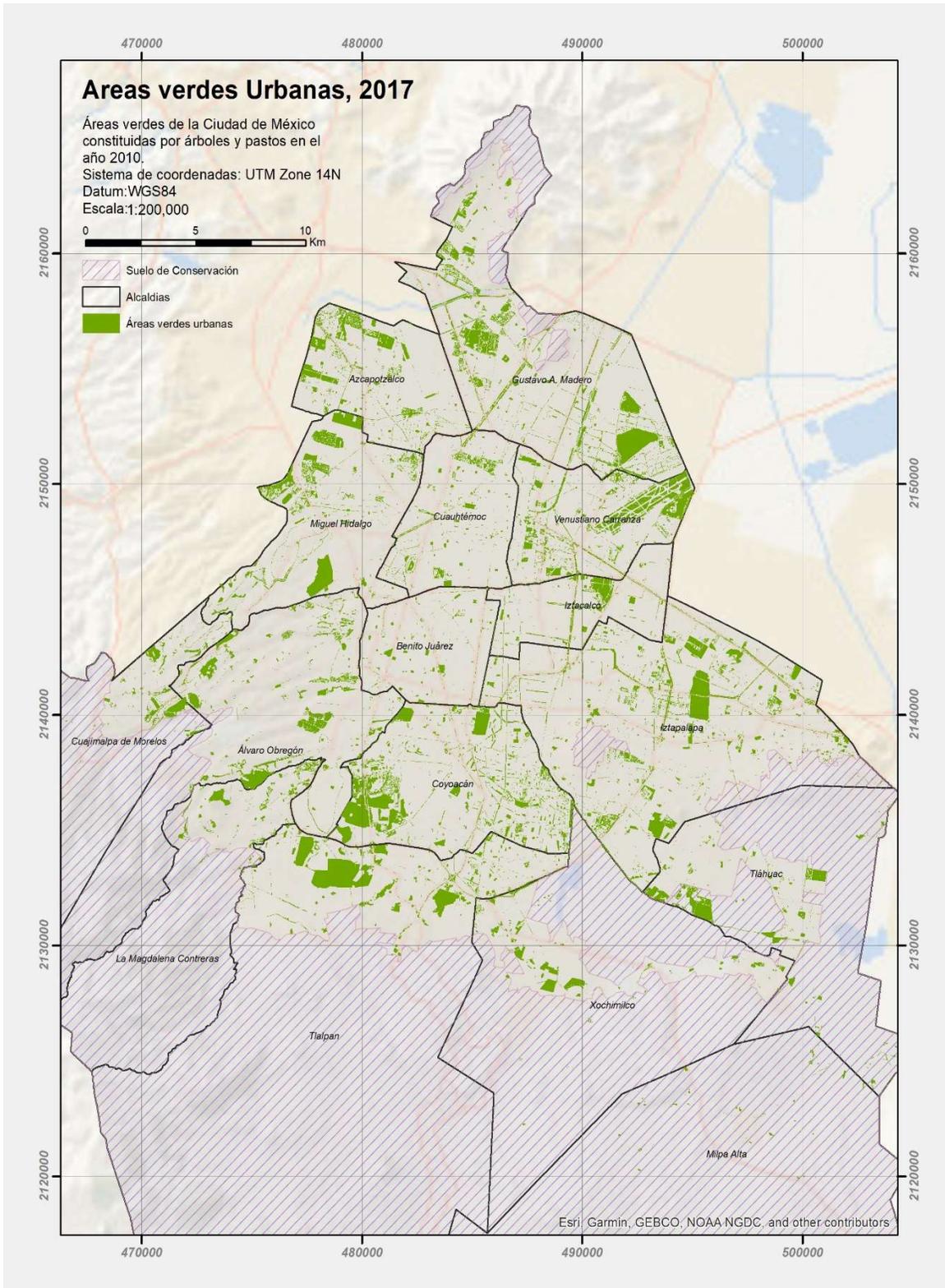
Tabla 1. Categorías de las áreas verdes urbanas, Datos abiertos 2017.

Para este año tenemos un total de 68.841 Km<sup>2</sup> de áreas verdes urbanas en la Ciudad de México. Estas categorías, a excepción de viveros y forestación urbana, cuentan con subcategorías que la conforman de la siguiente manera:

## Áreas verdes urbanas



*Imagen 1 Subcategorías de áreas verdes urbanas en la CDMX, Datos abiertos 2017*



Mapa 1. Áreas verdes urbanas en la CDMX, 2017. Datos abiertos 2017

Actualmente, las áreas verdes urbanas de la Ciudad se encuentran inmersas en una problemática amplia y compleja que limita la capacidad que tienen para ofrecer servicios ambientales. Esta problemática va desde la insuficiencia y pérdida del área verde total, pasando por su degradación por falta de mantenimiento y malas prácticas y culminando con la insustentabilidad. Dentro de estos problemas, la insustentabilidad es tal vez la que cuenta con menos herramientas y estrategias.

Como ejemplos de las múltiples razones que contribuyen a la disminución y el deterioro de las áreas verdes urbanas están:

- La baja inversión por parte de las alcaldías en la asignación presupuestal para el mantenimiento de áreas verdes urbanas.
- Muy bajo o nulo mantenimiento. Lo que provoca su deterioro y hace proclive su invasión y posterior cambio de uso de suelo.
- Falta de una cultura del cuidado de la vegetación. El arbolado es constantemente afectado con podas inadecuadas; por los trabajos de liberación de líneas aéreas de electricidad, teléfono y/o servicios de cable, para dar visibilidad a los anuncios espectaculares, o simplemente por ser considerados como una molestia por algunos ciudadanos. Además, es común que los árboles sean empleados como soporte para instalaciones de diversa índole.
- Incapacidad por parte de las alcaldías para detectar y sancionar actividades que afectan las áreas verdes urbanas. Además de una falta de vinculación entre las autoridades de las alcaldías y las centrales.
- La planeación urbana se ve superada por la expansión de la mancha urbana.

Bajo una situación como ésta se torna urgente la búsqueda de medidas que los conserven y restauren. Existen diversas estrategias y propuestas para realizar estos esfuerzos y serían de gran ayuda para disminuir el fuerte deterioro ambiental que vive la ciudad y la creciente demanda de servicios ambientales como el abasto de agua. Sería, por otro lado, una oportunidad para integrar un plan de recuperación de imagen de la ciudad y ampliar las opciones escénicas y recreativas tan degradadas en la Ciudad de México.

### **2.2.1 Nuevos enfoques para el desarrollo de las áreas verdes urbanas**

Llevar a cabo estrategias como los desarrollos de bajo impacto, parque sustentables y sistemas de humedales, generaría un mejoramiento en la capacidad que tiene sus infraestructuras ecológicas para mejorar la sustentabilidad general de la ciudad de México. Permitiría crear un equipamiento urbano que incremente la capacidad de la ciudad para adaptarse al Cambio Climático al mismo tiempo que aporta funciones educativas y de esparcimiento. Las condiciones ambientales de la cuenca del Valle de México permitirían que estas alternativas fueran muy efectivas dada su elevada precipitación o la concentración de escorrentías por ser una cuenca endorreica. La aplicación a gran escala de estas medidas contrastaría las múltiples problemáticas de la ciudad relacionadas a la lluvia, como las inundaciones, la insuficiente infraestructura de drenaje y el déficit de infiltración a los mantos acuíferos, lo que contribuiría además a frenar el hundimiento diferencial que sufre la ciudad. Estas medidas no son más costosas que las actualmente aplicadas y sin duda sí son mucho más económicas en el mantenimiento y más redituables social y ambientalmente.

### **2.2.1.1 Desarrollo de bajo impacto**

Este desarrollo de bajo impacto (LID siglas en inglés) constituye una estrategia que contribuye a su multifuncionalidad y ha sido aplicada en diversas partes del mundo por sus beneficios, como, por ejemplo:

- incremento en la infiltración de agua de lluvia
- control de escorrentías e inundaciones.
- mejoramiento de la calidad del agua pre-infiltración.
- mejoramiento de las condiciones ambientales para el establecimiento de la vegetación.
- mejoramiento de las cualidades ecológicas al emplear vegetación nativa.
- refugio de biodiversidad.
- reducción de costos de mantenimiento e infraestructura.

Entre los métodos, técnicas o tecnologías aplicadas como parte del LID se encuentran:

- jardines de lluvia.
- techos verdes.
- almacenamiento en aceras (humedales de banquetas).
- jardineras polinizadoras
- zanjas de infiltración.
- pozos ciegos y de infiltración.
- franjas de filtrado/contención.
- bajíos vegetados, de infiltración y húmedos.
- depósitos de agua de lluvia/cisternas.
- campos de drenaje.
- pavimentos permeables.

La metodología incluye el uso de vegetación nativa para incrementar su viabilidad y disminuir los costos de mantenimiento.

En la Ciudad de México aún no se cuenta con medidas referidas a prácticas del LID, sin embargo, existen iniciativas cercanas, como por ejemplo el proyecto de Construcción de Pozos de Infiltración incluido tanto en la Agenda Ambiental como en el Plan Verde y conducido por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México. Otro ejemplo es el proyecto de Implantación de 30 000 m<sup>2</sup>/año de azoteas naturadas en inmuebles del GDF para el 2012, incluido en los mismos dos instrumentos gubernamentales y conducido por la Dirección General de Bosques Urbanos y Educación Ambiental. No obstante, estas iniciativas no están orientadas a las áreas verdes urbanas, siendo la primera para el suelo de conservación y la segunda para zonas urbanas edificadas.

También, se creó un parque sustentable prototipo, el parque Canaguín que incluye algunos de los principios del LID: cuenta con una red subterránea de captación de agua pluvial y una cisterna de almacenamiento de agua para uso posterior en el riego.



*Imagen 2. Parque Caneguín, Miguel Hidalgo, CDMX.*



*Imagen 3. Azoteas naturadas, CDMX.*

### **2.2.1.2 Parques sustentables**

En la Ciudad de México, además del parque prototipo Caneguín, se encuentra el Parque Bicentenario. Este parque de 55 hectáreas contiene una serie de medidas importantes para incrementar su sustentabilidad:

- un sistema de captación de aguas pluviales para riego y recarga de mantos acuíferos
- sistema de tratamiento de aguas residuales por medio de humedales artificiales
- Iluminación alimentada por celdas solares
- orquidiario que alberga una colección de orquídeas mexicanas
- una selección de vegetación nativa considerablemente amplia, representando ocho ecosistemas diferentes.

El espacio tiene funciones educativas y fue construido en los terrenos de una antigua refinería, lo que significó un trabajo colosal de saneamiento ambiental.



*Imagen 4. Parque Bicentenario, CDMX.*

### **2.2.1.3 Sistema de humedales**

El objetivo de los humedales es incrementar la sustentabilidad de la ciudad, específicamente; purificación de agua, detención de inundaciones, regulación de microclima, mantenimiento de biodiversidad, recarga de mantos acuíferos, creación escénica y patrimonio cultura.

En la Ciudad de México, cuenta con un sistema de humedales naturales de gran valor ecológico y cultural que se encuentran en las zonas periurbanas, principalmente al sur y el este de la urbe, y son el remanente del sistema lacustre que alguna vez formó parte del Valle de México. Estos ecosistemas se encuentran bajo una presión constante; extracción de agua, hundimientos diferenciales, pérdida de la calidad del agua y del suelo debido al agotamiento de los manantiales que los alimentaban y a la descarga de aguas residuales tratadas; eutroficación, introducción de especies exóticas y deterioro del hábitat y en consecuencia de la vida silvestre.



*Imagen 5 Viaducto Río de la Piedad, CDMX.*

## **2.3 Gestión de las áreas verdes urbanas de la Ciudad de México**

En 2005 se publicó la norma que establece los criterios para podas, derribos y restitución de arbolado, así como la que establece los criterios, lineamientos y especificaciones técnicas que deben cumplir las autoridades, personas físicas o morales que realicen actividades de fomento, mejoramiento y mantenimiento de áreas verdes públicas. En el 2002 se elaboró el primer inventario general de áreas verdes urbanas, el cual se completó con una herramienta informática que dio origen al Sistema de Gestión para las Áreas Verdes urbanas, misma que fue desarrollada por el Instituto Politécnico Nacional (Sheinbaum, 2008).

Este primer inventario, sistematizado e ideado para un horizonte de trabajo para los siguientes 10 años y que en su momento se consideró como una herramienta indispensable para la gestión integral de las áreas verdes urbanas de la ciudad, no se consolidó y quedó simplemente como un buen ejemplo de lo que se podría lograr. La misma suerte corrió el Sistema de Gestión de Barrancas Urbanas que fue diseñado como un banco de datos a través del cual se pudieran emitir decisiones colegiadas, técnicamente sustentadas, respecto de la realización de acciones, obras o proyectos de desarrollo que inciden en áreas de influencia de las barrancas (Sheinbaum, 2008). Para el periodo 2007–2012 la SMA tiene la meta de lograr que la Ciudad de México se convierta en la más verde de Latinoamérica. Para ello se plantea promover la creación de nuevas áreas verdes urbanas, corredores verdes (parques lineales), ciclovías y construcciones sustentables, con la finalidad de mejorar el paisaje urbano y crear un entramado verde a lo largo y ancho de la metrópoli. Estas tareas incluyen también la naturación de azoteas, la poda por debajo de las líneas de energía eléctrica, producción y mantenimiento de plantas, instrumentación de programas de participación ciudadana en coordinación con las alcaldías tales como “Mi calle, un jardín siempre verde”, adopción de áreas verdes urbanas, promover los decretos de las áreas de valor ambiental, así como el manejo de las barrancas (SMA, 2007).

### **2.3.1 Mantenimiento de las áreas verdes urbanas**

Según la SMA, el trabajo de planeación queda rebasado ante la urgencia de proporcionar algún tipo de estatus de protección y manejo. Alrededor del 35% de las áreas verdes urbanas cuenta con algún tipo de manejo y requiere de un mantenimiento constante, para lo cual los recursos disponibles en las alcaldías son insuficientes.

Esta situación queda manifiesta al conjuntar la información desarrollada por la PAOT con los censos diagnósticos de arbolado realizados del 2007 al 2010 en unidades habitacionales, parques y áreas verdes urbanas. A partir de esta información se tiene una aproximación de la magnitud de los árboles afectados por plagas u otras condiciones, debido principalmente a la falta de manejo de las áreas verdes urbanas. De manera preliminar, la SMA tiene identificada la infestación por muérdago del 99% de las especies arbóreas existentes en el Distrito Federal. (SMA, 2008)

Un claro ejemplo del deterioro que sufren las áreas verdes urbanas si no cuentan con programas de manejo es el del Parque Luis G. Urbina, mejor conocido como Parque Hundido. En esta área, en el 2002, en seguimiento de una denuncia recibida en la PAOT por la poda y derribo de su arbolado, se dictaminaron 272 árboles enfermos y secos. Los trabajos de manejo iniciados por las alcaldías fueron detenidos por un movimiento vecinal

hasta contar con un programa de manejo para el parque. Para 2008, a petición de la alcaldía Benito Juárez, la PAOT realizó un nuevo censo diagnóstico de las condiciones del arbolado, encontrando que era necesario derribar 442 ejemplares, debido a que éstos eran de alto riesgo, estaban muertos en pie o estaban plagados. La situación fitosanitaria era tan crítica, que se observó que plagas específicas de ciertas especies estaban registrándose en árboles que comúnmente no son sus hospederos. Dicha situación de deterioro fue notoria para los vecinos y usuarios del Parque Hundido, lo que determinó que, a partir del programa de manejo elaborado por las alcaldías, se pudiera proceder a una intervención controlada de derribos y podas. Por lo que respecta al mantenimiento de los ejemplares arbóreos ubicados en vías primarias, éste se complica al combinarse con la infraestructura urbana, ya que son considerados como un elemento más de las vialidades que son fáciles de modificar en su estructura e inclusive de eliminar si fuese necesario. Así, los árboles se ven frecuentemente afectados por los trabajos de liberación de líneas aéreas de electricidad, teléfono y/o servicios de cable que justifican la poda del arbolado con el objetivo de mantener el servicio a la ciudadanía. Otra práctica que pone en riesgo al arbolado en calles y camellones son los desmoches periódicos para dar visibilidad a los anuncios espectaculares que van mermando la vitalidad del árbol hasta que éste muere. Existe también una parte de la población que no desea tener árboles cercanos a su casa debido a que las raíces dañan la infraestructura pública y/o privada; a que son elementos que incrementan la inseguridad de un sitio por las sombras que proyectan, o impiden la entrada de los vehículos a los estacionamientos. Hay vecinos quienes incluso consideran a las aves como molestia. En el caso de aquellos ejemplares que cambian de follaje de manera anual, se convierten en generadores de residuos que van directo a las alcantarillas y con frecuencia las bloquean. Todo lo anterior da pie para que el arbolado urbano sea constantemente afectado, sin que las autoridades ambientales, urbanas o alcaldías sean efectivas en sancionar a los responsables, ya que éstos rara vez son encontrados en flagrancia en el momento en que están dañando al arbolado, que es un requisito indispensable para tipificar las infracciones y aplicar las sanciones correspondientes. La combinación de podas y corte de raíces mal realizadas, así como los posibles daños mecánicos hechos al arbolado de manera permanente por accidentes o vandalismo, dan como resultado la disminución del periodo de vida de estos ejemplares arbóreos, de tal manera que, al presentarse eventos meteorológicos como fuertes vientos o lluvias, se registre año con año un número considerable de emergencias por árboles caídos. De acuerdo con lo que compartió el Heroico Cuerpo de Bomberos con la PAOT, durante el año 2008, atendió 2,277 llamadas de emergencia para retiro de árboles o ramas.

Las restituciones del arbolado, además de permitir la permanencia de las áreas verdes urbanas, son fundamentales en la medida en que se cuenta con ejemplares nuevos de edades variables, de ahí que sea necesario considerar también programas de seguimiento y monitoreo a fin de asegurar que los trabajos de restitución se lleven a cabo de manera adecuada y en los sitios indicados, precisando los porcentajes de sobrevivencia de los árboles plantados. Algunos primeros intentos en este sentido se realizaron por parte de la PAOT en el seguimiento de las obras de la ampliación de la Línea 1 y construcción de la Línea 2 del Metrobús, en donde, posterior a la plantación de los árboles, se realizó un monitoreo con el que se pudieron identificar sobrevivencias promedio de 66% para la Línea 1 y 67% para la Línea 2 del Metrobús.

Otra alternativa aplicada como medida de compensación en las obras públicas es el mantenimiento de las áreas verdes urbanas colindantes a la obra. Tal es el caso de la Alameda Central, en la que con base en el censo-diagnóstico elaborado por la PAOT, la Secretaría de Obras sometió a consideración a la SMA el mantenimiento de esta área verde como una medida de compensación por el impacto de las obras de la Línea 3 del Metrobús. Dicha medida fue autorizada con un costo de operación de 3 millones de pesos y fue realizada por personal certificado de la SMA. Finalmente, las áreas verdes urbanas interiores y los espacios comunes de las unidades habitacionales frecuentemente son sitios invadidos por quienes habitan dichos lugares, ya sea para tener espacios de estacionamiento o para la ampliación y construcción de infraestructura adicional, lo que es totalmente ilegal, ya que esos espacios son de carácter comunitario y pertenecen a todos los propietarios de la unidad habitacional. Dada la incidencia de quejas y denuncias relacionadas con este tema, la Procuraduría Social (PROSOC) cuenta con programas económicos destinados para frenar la invasión de las áreas verdes urbanas que existen en las 7,250 unidades habitacionales de la ciudad (PROSOC, 2009). En este sentido, la PAOT apoya las actividades de la PROSOC, a través de la realización de censos-diagnósticos del arbolado a partir de los cuales la PROSOC destina los recursos económicos necesarios para el cuidado de estos sitios. En resumen, contar con un inventario de áreas verdes urbanas es una herramienta indispensable para el mantenimiento y planeación de estas, el cual debe estar acompañado de programas de manejo y monitoreo que aseguren su continuidad con arbolado sano, así como recursos económicos suficientes para su cuidado.

## **Capítulo 3 Inventarios de áreas verdes de la ciudad de México basados en datos de percepción remota.**

### **3.1 Mapeo de áreas verdes urbanas basadas en datos de percepción remota.**

La necesidad de mapear las áreas verdes urbanas ha crecido debido a la planificación urbana y al estudio del medio ambiente, esto porque se ha demostrado los beneficios ambientales y económicos que los árboles y zonas verdes proporcionan en términos de calidad del aire y la conservación de la energía, además de proporcionar zona de recreación y relajación para los habitantes de las ciudades, también crean un mecanismo de enfriamiento dentro de los paisajes urbanos. El mapeo de las zonas urbanas se realiza a través de la interpretación visual, para ellos se necesita imágenes con una resolución espacial muy alta, esto para apreciar áreas verdes urbanas más pequeñas, como son parques, glorietas, bulevares, etc. Una de las ventajas con las que se cuenta de la percepción remota es mejorar la resolución espacial de la imagen a través de técnicas de fusión de imágenes, esto es combinando dos imágenes para generar una nueva imagen sintética, teniendo en cuenta que los rasgos importantes de las imágenes originales deben de conservarse en la imagen sintética, por lo cual durante la fusión de imágenes los elementos que puedan interferir con el análisis no deben de ser introducidos. Esta técnica tiene como objetivo generar imágenes sintéticas con una resolución más alta y que conserven las características radiométricas de las imágenes originales, también se busca que al fusionar datos pancromáticos (resolución alta) con datos multiespectrales (resolución baja) se conserven lo más posible las características espectrales originales. El procedimiento debe ser de forma óptima, es decir que solo la información adicional disponible en los datos de mayor resolución se mezcle en las bandas multiespectrales. Existen algunas técnicas de fusión por ejemplo la pirámide Laplaciana, pirámide degradada, transformada Wavelete y el método estándar de componentes principales.

Para realizar un análisis en escala de extensión y dimensión de las áreas verdes urbanas de la Ciudad de México, se utilizaron dos inventarios de áreas verdes urbanas, obtenidos a través de percepción remota, publicados por instituciones oficiales. Estos inventarios están compuestos por áreas georreferenciadas de los árboles y pastos con las que contaba la Ciudad de México en un año en específico. En este análisis se tomaron las áreas verdes como la sumatoria de las áreas de árboles con las áreas de pastos, posteriormente se eliminaron las áreas naturales de conservación, ya que estas no sufren cambios y solo nos crearían ruido en el análisis. Dado que los datos se encuentran georreferenciados, se cuantifica el aumento, pérdida o conservación de las áreas verdes urbanas y analizar a que se debió el cambio, si fueron por las áreas de árboles o pastos.

## 3.2 Primer inventario: Áreas verdes urbanas de la Ciudad de México, 2000.

### 3.2.1 Características de satélite IKONos.

El primer inventario, publicado por Centro de investigación en Ciencias de Información Geoespacial, son las áreas verdes obtenidas a través de una imagen satelital IKONos el cual cuenta con las siguientes características:



Lanzamiento	24 de septiembre de 1999
Lugar de lanzamiento	Base Vandenberg, Fuerzas Aéreas, California EUA
Innovación	Primer satélite de alta resolución disponible comercialmente
Operador	DigitalGlobe
Resolución Espacial	1 m pancromática 4 m Multiespectral
Resolución Espectral	Panchromática 526 – 929 nm Azul 445 – 516 nm Verde 506 – 595 nm Rojo 632 – 698 nm Infrarrojo cercano 757 – 853 nm
Resolución Temporal	3 días
Resolución Radiométrica	11 bits
Altura Orbital	681 km
Tamaño de escena	11 km x 11Km
Usos	Mapeo urbano y rural de recursos naturales, análisis agrícola y forestal, minería, ingeniería, construcción y detección de cambios.

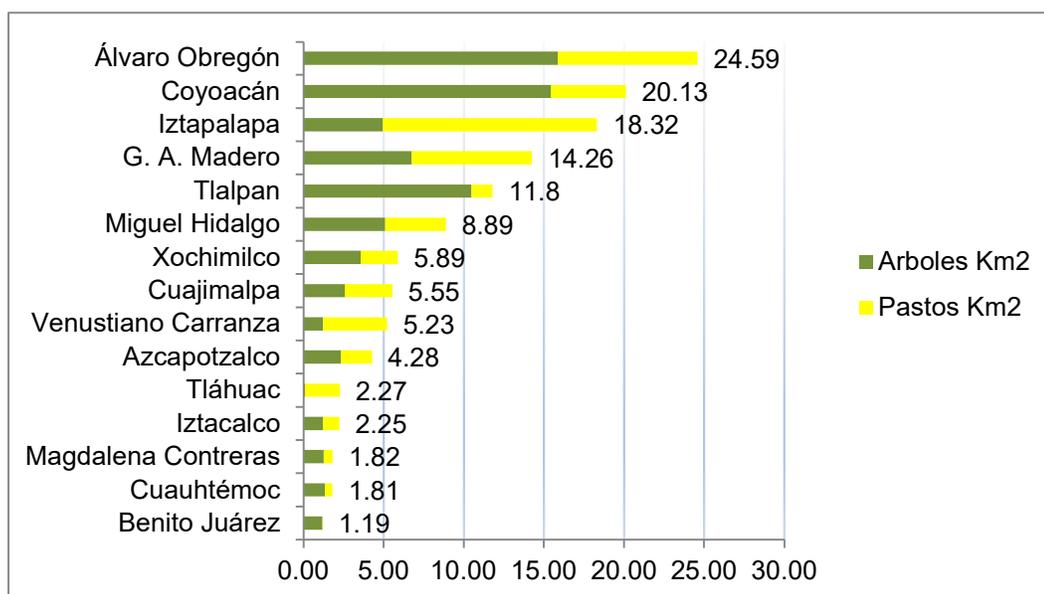
### 3.2.2 Áreas verdes urbanas de la Ciudad de México, 2000.

El primer inventario cuenta con los siguientes datos expresados en la tabla por alcaldías en la CDMX, la cual demuestra las áreas verdes urbanas publicado por CentroGeo oficialmente en el año 2003 con imágenes satelitales del año 2000:

Alcaldías	Arboles Km <sup>2</sup>	Patos Km <sup>2</sup>	Áreas verdes Km <sup>2</sup>
Álvaro Obregón	15.86	8.73	24.59
Azcapotzalco	2.34	1.94	4.28
Benito Juárez	1.18	0.01	1.19
Coyoacán	15.44	4.69	20.13
Cuajimalpa de Morelos	2.58	2.98	5.55
Cuauhtémoc	1.34	0.47	1.81
Gustavo A. Madero	6.74	7.52	14.26
Iztacalco	1.23	1.02	2.25
Iztapalapa	4.96	13.36	18.32
Magdalena Contreras	1.26	0.56	1.82
Miguel Hidalgo	5.09	3.80	8.89
Tláhuac	0.10	2.17	2.27
Tlalpan	10.49	1.31	11.80
Venustiano Carranza	1.23	4.00	5.23
Xochimilco	3.58	2.31	5.89

Tabla 2. Áreas verdes urbanas por alcaldía, SEDEMA 2003

Observando la tabla anterior se observa que las alcaldías con mayor número de áreas verdes urbanas en la CDMX son las alcaldías de Álvaro Obregón, Coyoacán e Iztapalapa. Tenemos un total de 128.28 Km<sup>2</sup> de áreas verde urbanas, teniendo un área mínima de mapeo de 160 m<sup>2</sup>.



Gráfica 1. Áreas verdes urbanas por alcaldía, SEDEMA 2003



### 3.3 Segundo inventario: Áreas verdes urbanas de la Ciudad de México, 2010.

#### 3.3.1 Características del satélite QuickBird

El segundo inventario, publicado por Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la CDMX son las áreas verdes urbanas obtenidas a través de una imagen satelital QuickBird el cual cuenta con las siguientes características:



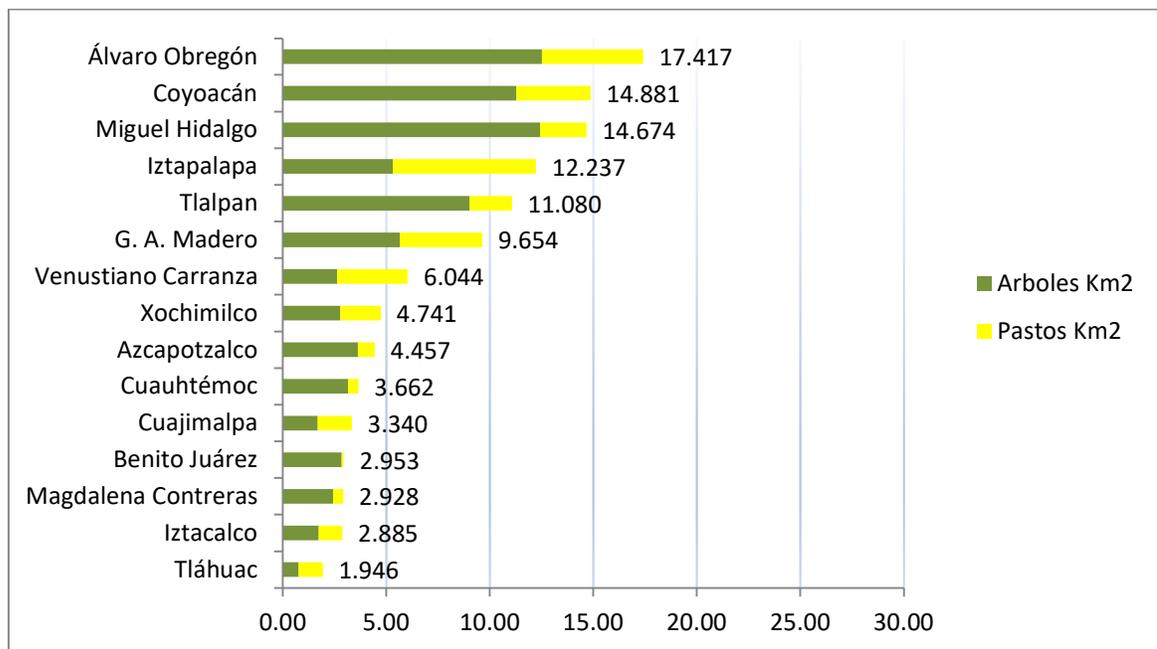
Lanzamiento	18 de octubre de 2001
Lugar de lanzamiento	Base Vandenberg, Fuerzas Aéreas, California EUA
Operador	DigitalGlobe
Resolución Espacial	0.65 m pancromática 2.62 m Multiespectral
Resolución Espectral	Panchromática 450 – 900 nm Azul 450 – 520 nm Verde 520 – 600 nm Rojo 630 – 690 nm Infrarrojo cercano 760 – 900 nm
Resolución Temporal	3 días
Resolución Radiométrica	11 bits
Altura Orbital	450 km
Tamaño de escena	16.8 Km x 16.8Km
Usos	Aplicado a una gran cantidad de industrias, incluida la exploración y producción de petróleo y gas (E&P), ingeniería y construcción y estudios ambientales.

#### 3.2.2 Áreas verdes urbanas de la Ciudad de México, 2010.

En el segundo inventario encontramos los siguientes datos expresados en la tabla por alcaldías en la CDMX, nos demuestra la cantidad de áreas verdes urbanas publicadas en el año 2010 por el PAOT:

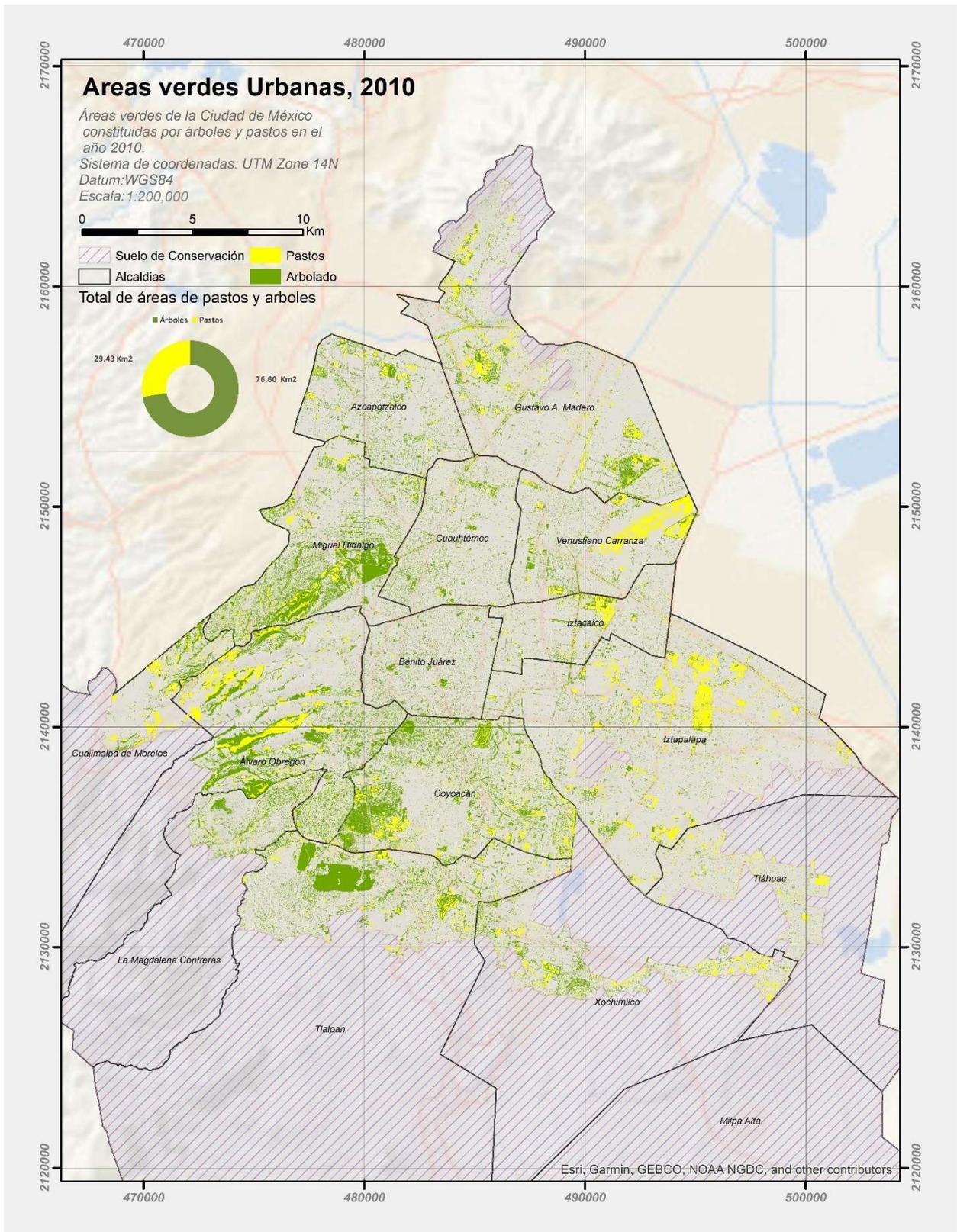
Alcaldías	Arboles Km <sup>2</sup>	Patos Km <sup>2</sup>	Áreas verdes Km <sup>2</sup>
Álvaro Obregón	12.53	4.89	17.42
Azcapotzalco	3.64	0.82	4.46
Benito Juárez	2.86	0.09	2.95
Coyoacán	11.30	3.58	14.88
Cuajimalpa de Morelos	1.71	1.63	3.34
Cuauhtémoc	3.17	0.50	3.66
Gustavo A. Madero	5.66	3.99	9.65
Iztacalco	1.75	1.14	2.89
Iztapalapa	5.33	6.91	12.24
Magdalena Contreras	2.44	0.49	2.93
Miguel Hidalgo	12.44	2.23	14.67
Tláhuac	0.78	1.16	1.95
Tlalpan	9.04	2.04	11.08
Venustiano Carranza	2.63	3.41	6.04
Xochimilco	2.79	1.95	4.74

Tabla 3. Áreas verdes urbanas por alcaldía, PAOT 2010.



Gráfica 2. Áreas verdes urbanas por alcaldías 2010 en Km<sup>2</sup>, PAOT 2010.

Para este año las alcaldías que contaban con un mayor número de áreas verdes urbanas fueron Álvaro Obregón, Coyoacán y Miguel Hidalgo en ese orden. Se tiene que para el año 2010 la CDMX contaba con un total de 112.899 Km<sup>2</sup>. Para este inventario se contaba con un área de mapeo mínimo de 50 m<sup>2</sup>.



Mapa 3. Áreas verdes urbanas en la CDMX 2010, PAOT 2010

## Capítulo 4 Análisis de cambio de las áreas verdes urbanas del 2000-2010

Con ayuda de los dos inventarios de áreas verdes para la Ciudad de México realizados a partir del uso de imágenes de satélite y publicados por la autoridad de la ciudad, se analizaron los cambios en sus extensiones y dimensiones que sufrieron las áreas verdes urbanas durante un periodo de 8 años, 2001-2009, para posteriormente obtener el índice de áreas verdes por habitantes.

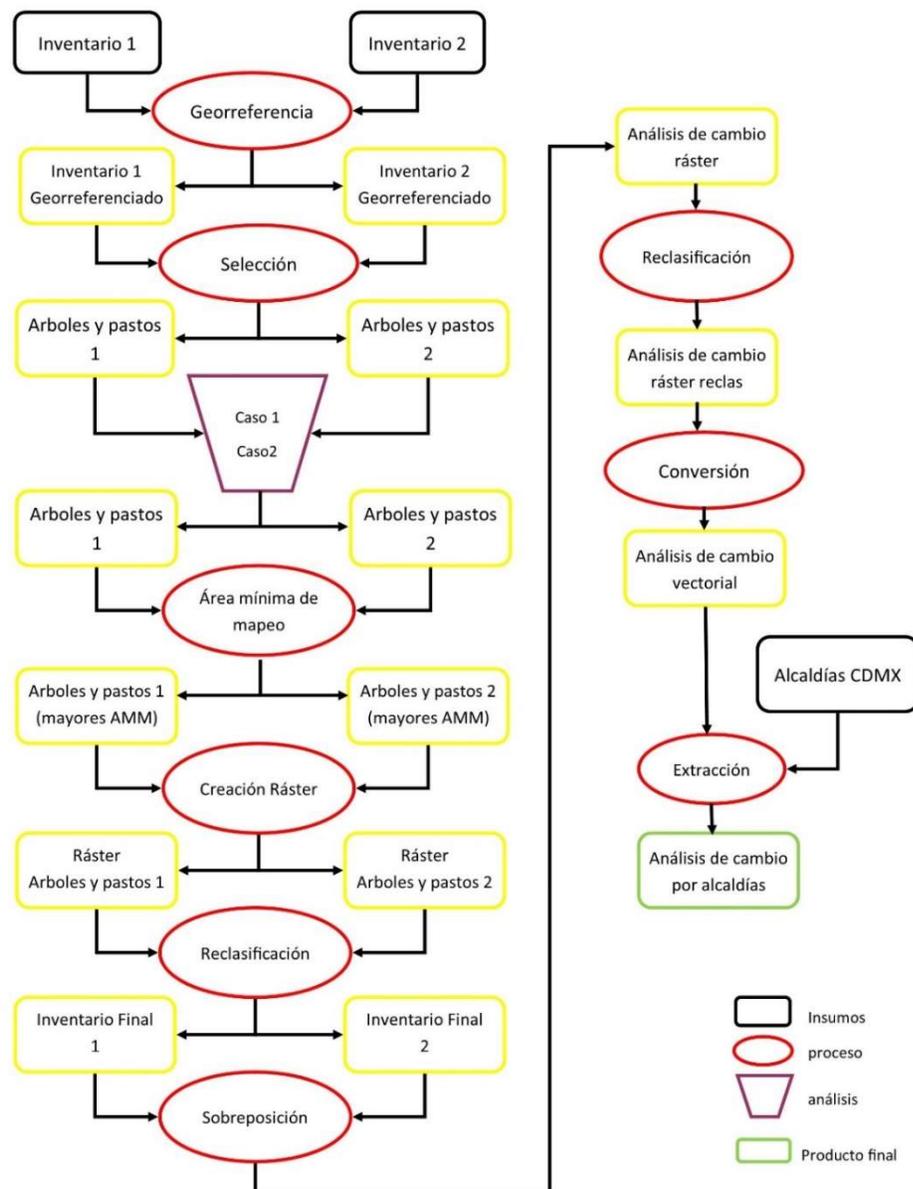


Imagen 6. Diagrama de flujo del análisis, Autor.

## 4.1 Preprocesamiento de la información

El análisis comienza proyectando a los dos inventarios en el mismo sistema de referencia para que al momento de realizar la sobreposición se encuentren en el lugar que les corresponden realmente. Una vez realizadas las transformaciones necesarias a cada inventario, lo siguiente que se necesita es trabajar solo con los rasgos que nos interesan, que son las zonas de árboles y zonas de pastos que juntas forman las áreas verdes urbanas, por lo cual se realiza una selección de ambos inventarios dejando fuera los demás rasgos que los conforman. Teniendo los dos inventarios formados y conformados con los rasgos de interés, se presentaron dos casos:

- Caso 1

Se presentaron polígonos que se encontraban juntos, pero no compartían una misma unidad, es decir que cada uno se mantenía de forma independiente presentando un área por polígono. Esto representa un problema ya que existían zonas que no cumplían con el área mínima de mapeo, pero se encontraban con polígonos adyacentes que la cumplen, por lo cual se realizó una unión para conservar la mayor información posible.

- Caso 2

Se presentan polígonos que se encontraban encimados en un mismo inventario, esto perjudicaba al análisis ya que se repetían áreas, creando estadísticas incorrectas. Por lo cual se eliminaron estas zonas repetidas.

Una vez solucionado los dos casos, se eliminaron los polígonos que no cumplieran con el área mínima de mapeo y/o se encontraban dentro del suelo de conservación. Esto debido a que los inventarios contaban con una resolución diferente en sus sensores y provocaban que existieran dos áreas mínimas de mapeo en el análisis. Para homologar los inventarios se tomó el área mínima de mapeo más grande y los polígonos que no cumplieran con esta área mínima se eliminaron.

Con los dos inventarios homologados, se crea un archivo por inventario de tipo ráster, teniendo que cada uno de los píxeles le corresponda un rasgo de análisis y que su tamaño sea el mismo.

El último procesamiento para que los inventarios se encuentren totalmente homogeneizada es hacer una reclasificación, clasificando el valor del píxel igual a árboles a el valor 1 y los valores que son de pastos el valor 2. Por último, se agregó un nuevo rasgo el cual será que los píxeles que no contarán con ninguno de estos dos rasgos se contemplarán como píxeles sin información, asignado el valor cero.

## 4.2 Análisis de Superposición y matriz de cambio

Teniendo los dos inventarios totalmente homogenizados, se hace una sobre posición, colocando el primero inventario, correspondiente al año 2000, seguido del segundo inventario correspondiente al año 2010. Esto nos dará como resultado una matriz de cambio, la cual la conformara un conteo de los píxeles que cambiaron de un rasgo a otro, es decir el número de píxeles de valor cero se transformaron en píxeles de valor uno o

dos, o en sus demás combinaciones. Teniendo el número de píxeles, de cada tipo de cambio, se realiza una multiplicación por el tamaño de píxel, esto para convertir los píxeles a unidades métricas.

Se realizó una última clasificación de la información dependiendo del cambio:

Rasgos	0	1
0	Sin información	Aumento
1	Perdida	Conservación

Con esta última clasificación se convirtió la información de tipo ráster a información vectorial para que con la ubicación de las alcaldías solo es necesario una extracción para realizar estadísticas por cada alcaldía. Finalizando con el procedimiento de análisis de cambio

## Capítulo 5 Resultado y discusión.

### 5.1 Cambio de Áreas verdes urbanas en la CDMX

#### 5.1.1 Análisis respecto a inventarios publicados oficialmente.

Antes de realizar procesamiento a los inventarios, se realizó un análisis entre la información publicada oficialmente y la información que conformaban los inventarios, de la cual se obtuvo los resultados siguientes:

Alcaldías	Áreas verdes urbanas oficiales 2003 (Km <sup>2</sup> )	Áreas verdes urbanas en inventario 2003 (Km <sup>2</sup> )	Variación (Km <sup>2</sup> )
Álvaro Obregón	24.59	24.58	0.01
Azcapotzalco	4.28	4.29	-0.01
Benito Juárez	1.19	1.19	0.00
Coyoacán	20.13	20.13	0.00
Cuajimalpa de Morelos	5.55	5.55	0.00
Cuauhtémoc	1.81	1.81	0.00
Gustavo A. Madero	14.26	14.23	0.03
Iztacalco	2.25	2.25	0.00
Iztapalapa	18.32	18.28	0.04
La Magdalena Contreras	1.82	1.82	0.00
Miguel Hidalgo	8.89	8.89	0.00
Tláhuac	2.27	2.28	-0.01
Tlalpan	11.80	11.79	0.01
Venustiano Carranza	5.23	5.24	-0.01
Xochimilco	5.89	5.89	0.00

Tabla 4. Variación de cifras oficiales e información en inventario 2003, por autor.

En el año 2003 se publicó oficialmente un total de 128.28 Km<sup>2</sup> de áreas verdes urbanas, mientras que en el inventario se tiene un total de 128.21 Km<sup>2</sup>, teniendo una variación de 0.07 Km<sup>2</sup>.

Para el año 2009 se encontró las siguientes variaciones

Alcaldías	Áreas verdes urbanas oficiales 2009 (Km <sup>2</sup> )	Áreas verdes urbanas en inventario 2009 (Km <sup>2</sup> )	Variación (Km <sup>2</sup> )
Álvaro Obregón	17.42	17.48	-0.07
Azcapotzalco	4.46	4.43	0.03
Benito Juárez	2.95	2.89	0.07

Alcaldías	Áreas verdes urbanas oficiales 2009 (Km <sup>2</sup> )	Áreas verdes urbanas en inventario 2009 (Km <sup>2</sup> )	Variación (Km <sup>2</sup> )
Coyoacán	14.88	14.76	0.12
Cuajimalpa de Morelos	3.34	2.94	0.40
Cuauhtémoc	3.66	3.67	0.00
Gustavo A. Madero	9.65	9.66	0.00
Iztacalco	2.89	2.90	-0.01
Iztapalapa	12.24	12.35	-0.11
La Magdalena Contreras	2.93	2.94	-0.01
Miguel Hidalgo	14.67	13.50	1.17
Tláhuac	1.95	1.89	0.06
Tlalpan	11.08	11.06	0.02
Venustiano Carranza	6.04	6.00	0.04
Xochimilco	4.74	4.81	-0.07

Tabla 5. Variación de cifras oficiales e información en inventario 2009, por autor.

Para este año se publicó un total de 112.90 Km<sup>2</sup> de áreas verdes urbanas, pero el inventario presento solamente un total de 111.27 Km<sup>2</sup>, teniendo una variación total de 1.63 Km<sup>2</sup>, teniendo la mayor variación en la alcaldía de Miguel Hidalgo.

Iniciando con el procesamiento se nota que el primer cambio que sufrieron los dos inventarios durante el análisis fue al momento de eliminar las zonas donde no cumplieran con el área mínima de mapeo de 160 m<sup>2</sup> y que se encontraran dentro del suelo de conservación, obteniendo los siguientes resultados:

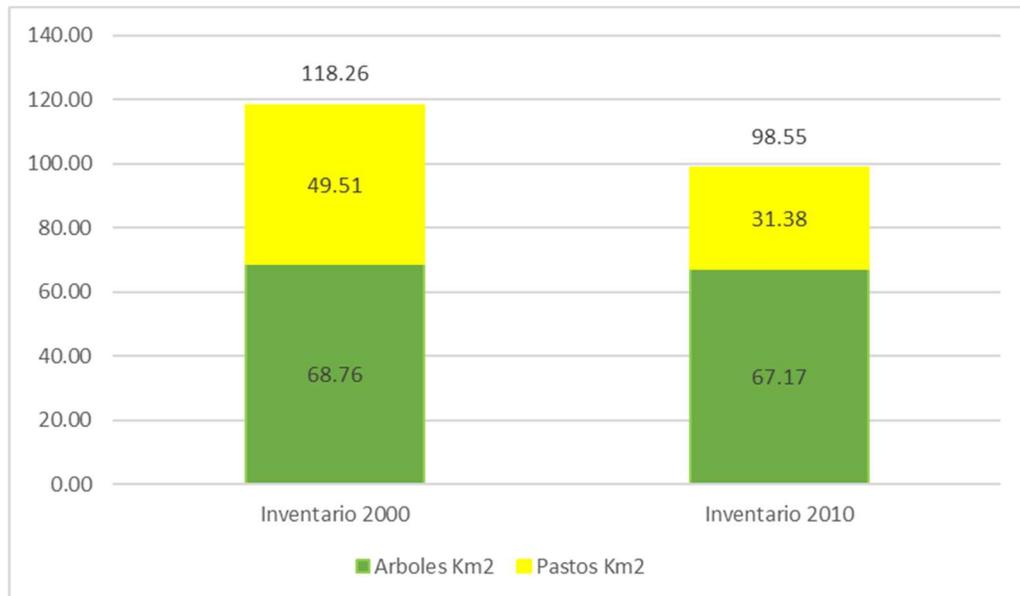
Año	Arboles			Pastos		
	Áreas Mayores a 160 m <sup>2</sup>	Áreas menores de 160 m <sup>2</sup>	Áreas mayores a 160 m <sup>2</sup> sobre suelo de conservación	Áreas Mayores a 160 m <sup>2</sup>	Áreas menores de 160 m <sup>2</sup>	Áreas mayores a 160 m <sup>2</sup> sobre suelo de conservación
2000	73.09	0.36	4.33	54.51	0.26	5.01
2010	67.82	8.74	0.65	31.79	2.92	0.41

Tabla 6 Análisis de área mínima de mapeo en Km<sup>2</sup>, por autor.

Para el segundo inventario se nota que la mayoría de las alcaldías presentaron un mayor cambio que en el primer inventario, esto porque, como ya se había mencionado con anterioridad, se debió a que el área mínima de mapeo para el procesamiento de homogenización de los inventarios fue más grande al área mínima con la que se creó este inventario, teniendo una variación de 6.43 Km<sup>2</sup>, al cual le corresponde un 6.12 % de error, del cual fueron las alcaldía de Gustavo I. Madero e Iztacalco las que tuvieron un mayor número de perdida. Con esto se concluye, que en el post-procesamiento de la

información, fue el suelo de conservación quien afecto más que el área mínima de mapeo, al final tenemos un promedio del 7.04% de error en el análisis generado por Martin M. Checa.

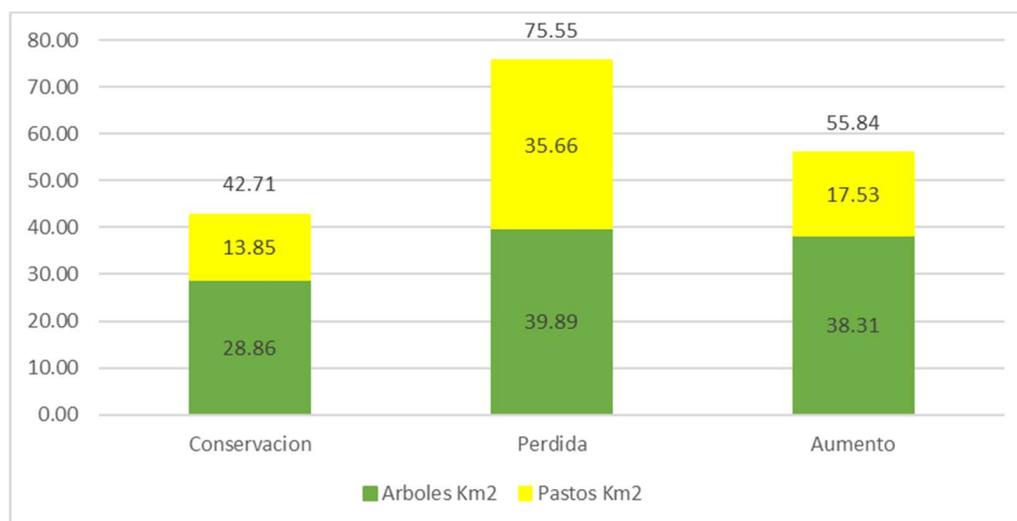
En el inventario correspondiente al año 2000 se eliminaron pocas áreas que no cumplían el área mínima de mapeo, esto debido a que se tomó como área mínima para los dos inventarios el área de mapeo con la que se creó este inventario, es decir 160 m<sup>2</sup>, lo que ocasiono que solo se eliminara el ruido, pero por una parte este inventario contaba con más zonas dentro del suelo de conservación. Para el segundo inventario del año 2010 hubo una mayor cantidad de áreas eliminadas, esto debido a que este inventario se realizó con un área de mapeo más pequeña, considerando en cuenta zonas que pudieron existir en el primer inventario, pero debido a sus alcances no fueron registradas durante su creación, por lo cual para este análisis solo se enfocó en las zonas que con seguridad se sabe que estuvieron presente en los dos inventarios. Si se suma las zonas de árboles y de pastos tenemos que en el primer inventario procesado consta de 118.26 Km<sup>2</sup> de áreas verdes urbanas, que esto corresponde a un 92.23% de la información, eliminando 9.96 Km<sup>2</sup> que es el 7.77 % de la información, siendo las zonas que se encontraban dentro de las zonas de conservación la que aumentaron las áreas eliminadas. El segundo inventario está conformado de 98.55 Km<sup>2</sup> de áreas verdes urbanas que corresponde al 88.56% de su información, eliminando 12.72 Km<sup>2</sup> de áreas verdes urbanas, que le corresponden al 11.44 % de información.



Gráfica 3. Áreas verdes urbanas finales, inventario uno e inventario dos en Km<sup>2</sup>, por autor.

Analizando la gráfica se nota que el cambio de las áreas verdes urbanas fue de carácter negativo, ya que de 118.26 Km<sup>2</sup> que existían en el primer inventario se redujo a la cantidad de 98.55 Km<sup>2</sup> de área verde urbanas, de la cual la mayor parte que sufrió un cambio fueron las áreas de pastos, ya que estas se redujeron a un 63.39% mientras que las zonas de árboles solo disminuyeron a un 97.69%.

Continuando con el análisis, se realiza la sobre posición entre los inventarios para cuantificar el comportamiento de este cambio, es decir qué tipo de cambio fue el que más se presentó si fue aumento, perdida o conservación.



Gráfica 4. Tipo de cambio en áreas verdes urbanas de la Ciudad de México, por autor

Es notorio que el tipo de cambio más grande que se presentó fue el de pérdidas ya que se había mencionado con anterioridad que el 36.61% de pasto y el 2.31% de árboles se habían perdido, pero la gráfica nos indica que es similar el cambio en pérdidas que sufrieron las zonas de árboles y de pastos, incluso es mayor la pérdida de árboles, entonces, porque solo se presentó una pérdida de más del 30% en los pastos, bueno esto se debe a que durante el periodo de este análisis no solo existen cambios del tipo de pérdidas, sino también existen zonas donde antes no existían árboles o pastos y que en el transcurso de este periodo de tiempo se convirtieron en zonas de áreas verdes urbanas, por lo cual si se observa en la gráfica que las zonas de árboles le corresponde un 68.61% de la superficie que presentó un aumento mientras que la zona de pasto solo presentó un 31.39%, por lo cual esto pudo contrarrestar a las pérdidas en este tipo de zonas, además de que en el tercer tipo de cambio, las zonas de conservación, le corresponde un porcentaje mayor a las zonas de árboles, teniendo un 67.57% y dejando solo un 32.43% a las zonas de pastos.

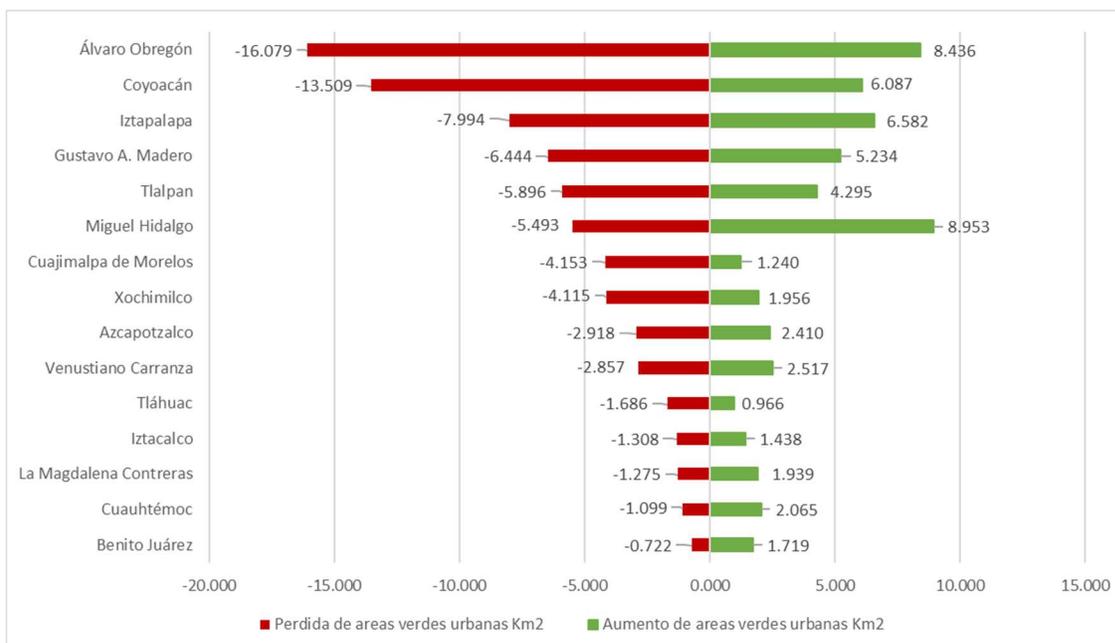
## 5.2 Cambio de Áreas verdes urbanas por Alcaldías

Para analizar la forma en la que se comportaron los cambios por alcaldía fue necesario tomar como insumo las zonas por alcaldías de la CDMX, de lo cual se pueden obtener los siguientes resultados.

ALCALDIAS	Áreas verdes sin cambios [Km <sup>2</sup> ]	Perdida de áreas verdes [Km <sup>2</sup> ]	Aumento de áreas verdes [Km <sup>2</sup> ]
<b>Álvaro Obregón</b>	8.476	16.079	8.436
<b>Azcapotzalco</b>	1.470	2.918	2.410
<b>Benito Juárez</b>	0.502	0.722	1.719
<b>Coyoacán</b>	7.071	13.509	6.087
<b>Cuajimalpa de Morelos</b>	1.448	4.153	1.240
<b>Cuauhtémoc</b>	0.713	1.099	2.065
<b>Gustavo A. Madero</b>	3.115	6.444	5.234

ALCALDIAS	Áreas verdes sin cambios [Km <sup>2</sup> ]	Perdida de áreas verdes [Km <sup>2</sup> ]	Aumento de áreas verdes [Km <sup>2</sup> ]
Iztacalco	0.939	1.308	1.438
Iztapalapa	4.286	7.994	6.582
Magdalena Contreras	0.540	1.275	1.939
Miguel Hidalgo	3.392	5.493	8.953
Tláhuac	0.492	1.686	0.966
Tlalpan	5.822	5.896	4.295
Venustiano Carranza	2.728	2.857	2.517
Xochimilco	1.720	4.115	1.956

Tabla 7 Análisis de cambio en Áreas verdes urbanas por alcaldías, por autor.



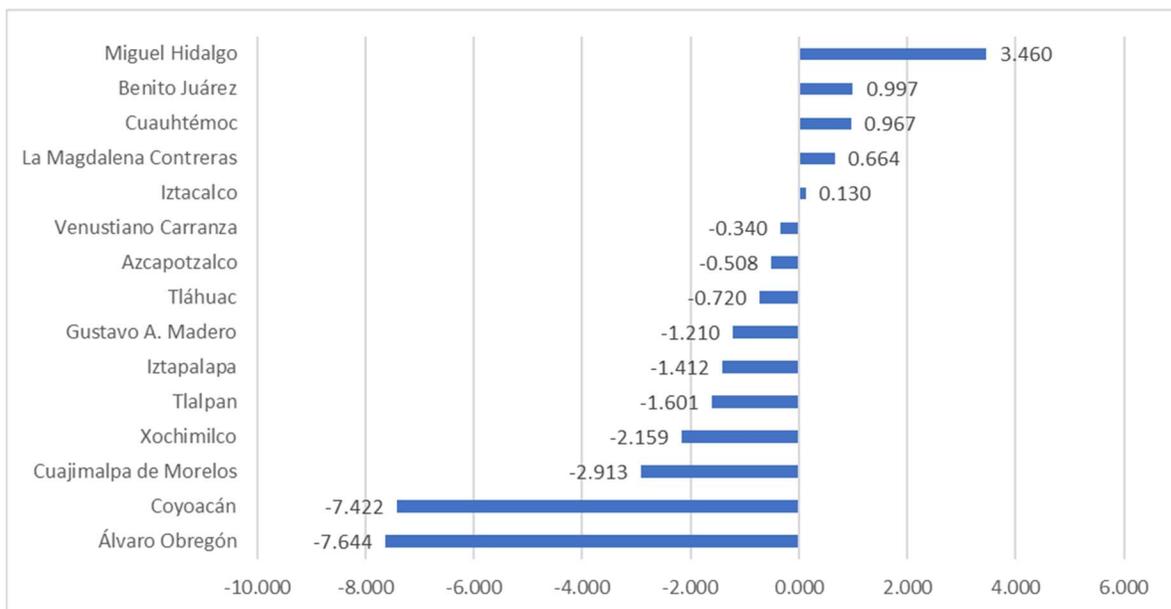
Gráfica 5. Pérdida y aumento de Áreas verdes urbanas de la Ciudad de México, por autor.

En la gráfica se observa con facilidad que la mayoría de las alcaldías presentan un mayor número de pérdida que de crecimiento, teniendo como las alcaldías con mayores pérdidas a Álvaro Obregón y Coyoacán, por lo cual el cambio tubo una variación de carácter negativo, la cual también cuenta con el porcentaje de la variación con respecto al área total de cambio por alcaldía.

Alcaldías	Áreas verdes perdidas [Km <sup>2</sup> ]	Áreas verdes nuevas [Km <sup>2</sup> ]	Variación [Km <sup>2</sup> ]	Variación %
Álvaro Obregón	16.079	8.436	-7.644	-47.54
Azcapotzalco	2.918	2.410	-0.508	-17.40
Benito Juárez	0.722	1.719	0.997	137.94
Coyoacán	13.509	6.087	-7.422	-54.94

Alcaldías	Áreas verdes perdidas [Km <sup>2</sup> ]	Áreas verdes nuevas [Km <sup>2</sup> ]	Variación [Km <sup>2</sup> ]	Variación %
<b>Cuajimalpa de Morelos</b>	4.153	1.240	-2.913	-70.15
<b>Cuauhtémoc</b>	1.099	2.065	0.967	87.98
<b>Gustavo A. Madero</b>	6.444	5.234	-1.210	-18.78
<b>Iztacalco</b>	1.308	1.438	0.130	9.92
<b>Iztapalapa</b>	7.994	6.582	-1.412	-17.66
<b>Magdalena Contreras</b>	1.275	1.939	0.664	52.10
<b>Miguel Hidalgo</b>	5.493	8.953	3.460	62.99
<b>Tláhuac</b>	1.686	0.966	-0.720	-42.69
<b>Tlalpan</b>	5.896	4.295	-1.601	-27.15
<b>Venustiano Carranza</b>	2.857	2.517	-0.340	-11.90
<b>Xochimilco</b>	4.115	1.96	-2.159	-52.47

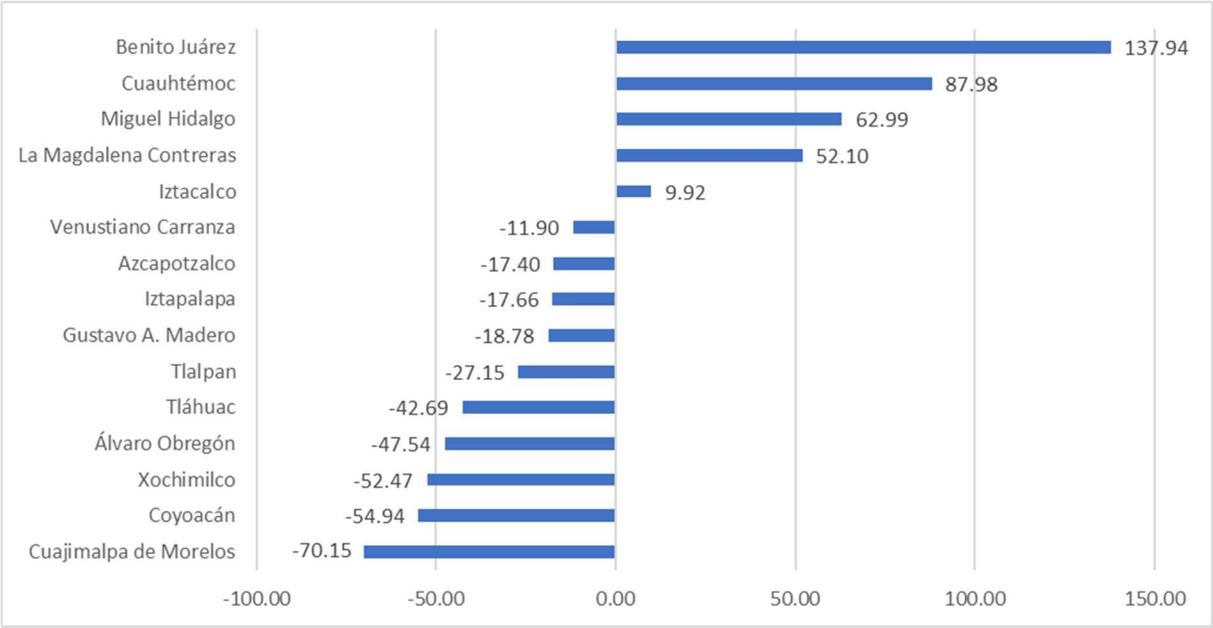
Tabla 8. Variación de áreas verdes urbanas por alcaldía, por autor.



Gráfica 6. Variaciones en Km<sup>2</sup> por alcaldías de áreas verdes urbanas, por autor.

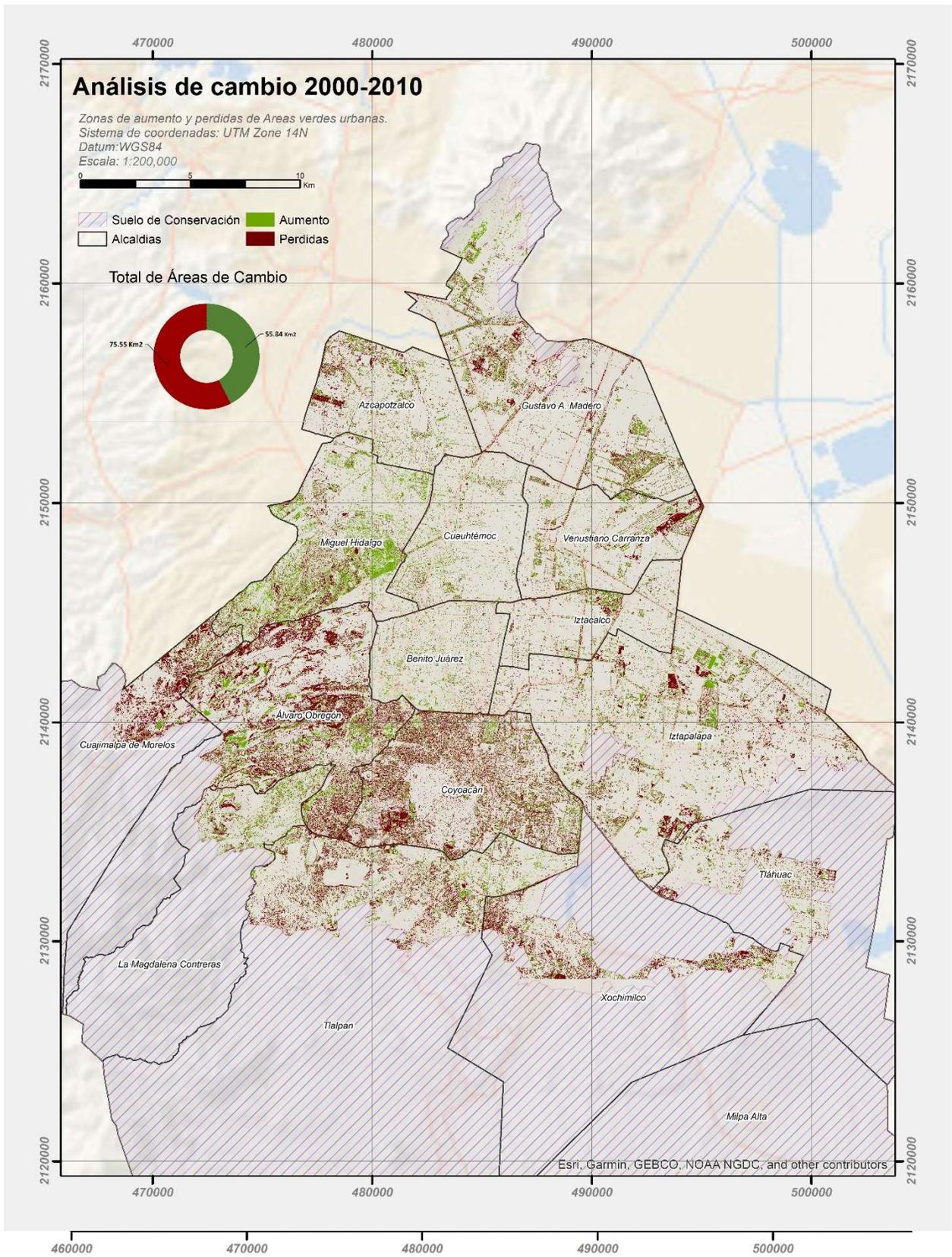
Existe un cambio en las 15 alcaldías, de las cuales solo 5 tuvieron una variación de carácter positivo; Miguel Hidalgo, Benito Juárez, Cuauhtémoc, Magdalena Contreras e Iztacalco, en ese orden, es decir que el aumento que generaron durante este transcurso fue mayor a su pérdida. En el resto de las alcaldías fue todo lo contrario e incluso su variación fue más notable que en las alcaldías que tuvieron una variación positiva. Tomemos como ejemplo a Álvaro Obregón, que su variación fue la más grande en cuestión de pérdidas, teniendo una variación de 7.644 km<sup>2</sup>, esto dando como resultado la suma en su aumento de 8.436 km<sup>2</sup>, con su pérdida de áreas verdes, de -16.079 km<sup>2</sup>. Esto se debe a diferentes factores, como por ejemplo la alta actividad inmobiliaria que existe en las alcaldías, a lo que provoca la pérdida de áreas verdes urbanas o también al deterioro de la masa arbórea por problemas sanitarios y de mantenimiento.

Por el otro lado, la alcaldía que tuvo la variación positiva más grande fue Miguel Hidalgo al llegar a una variación del 3.460 Km<sup>2</sup>, pero esto no ocurre con las otras alcaldías que tuvieron una variación positiva ya que tuvieron una variación mínima, incluso si se suma las variaciones de las alcaldías de mayor varianza las cuales son Miguel Hidalgo con 3.460 km<sup>2</sup>, Benito Juárez, con 0.997 km<sup>2</sup>, Cuauhtémoc con 0.967 km<sup>2</sup>, Magdalenas Contreras con 0.664 km<sup>2</sup> e Iztacalco con 0.130 Km<sup>2</sup>, nos da un total de 6.087 km<sup>2</sup>, lo cual no alcanza a cubrir las áreas verdes urbanas que perdieron algunas de las alcaldías, como por ejemplo Coyoacán y Álvaro Obregón.



Gráfica 7 variación en porcentaje por alcaldías, por autor.

Ahora si analizamos el porcentaje que representa cada variación por alcaldía se tiene que fue Benito Juárez la alcaldía que presento un aumento mayor, el cual fue de 137.94%, pero Cuajimalpa lo supera en un caso opuesto, ya que fue la alcaldía que tuvo una variación mayor al 70%, siendo la alcaldía que presento el cambio más grande en pérdidas.

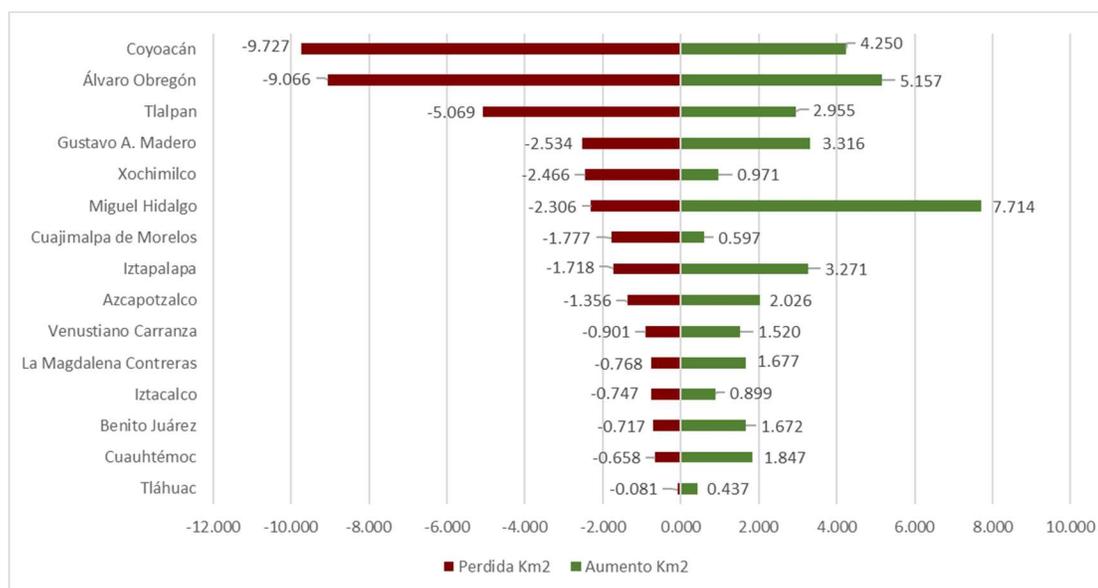


**Mapa 4** Aumento y pérdidas en áreas verdes urbanas de la Ciudad de México, por autor

Ahora que conocemos los datos por alcaldía de áreas verdes urbanas, recordemos que están conformadas por áreas de árboles y de pastos, por eso retomando las cifras obtenidas del análisis de cambio se analiza compartimiento que tienen estas dos clases que conforman las áreas verdes urbanas. Empezando con la zona de árboles, se obtuvo la siguiente grafica.

ALCALDIAS	Áreas de árboles sin cambios [Km <sup>2</sup> ]	Perdida de árboles [Km <sup>2</sup> ]	Aumento de árboles [Km <sup>2</sup> ]
Álvaro Obregón	6.773	9.066	5.157
Azcapotzalco	1.051	1.356	2.026
Benito Juárez	0.492	0.717	1.672
Coyoacán	6.05	9.727	4.250
Cuajimalpa de Morelos	0.821	1.777	0.597
Cuauhtémoc	0.684	0.658	1.847
Gustavo A. Madero	1.493	2.534	3.316
Iztacalco	0.482	0.747	0.899
Iztapalapa	0.841	1.718	3.271
Magdalena Contreras	0.493	0.768	1.677
Miguel Hidalgo	2.794	2.306	7.714
Tláhuac	0.014	0.081	0.437
Tlalpan	5.335	5.069	2.955
Venustiano Carranza	0.486	0.901	1.520
Xochimilco	1.082	2.466	0.971

Tabla 9 Análisis de cambio en zona de árboles por alcaldías en la Ciudad de México, por autor.

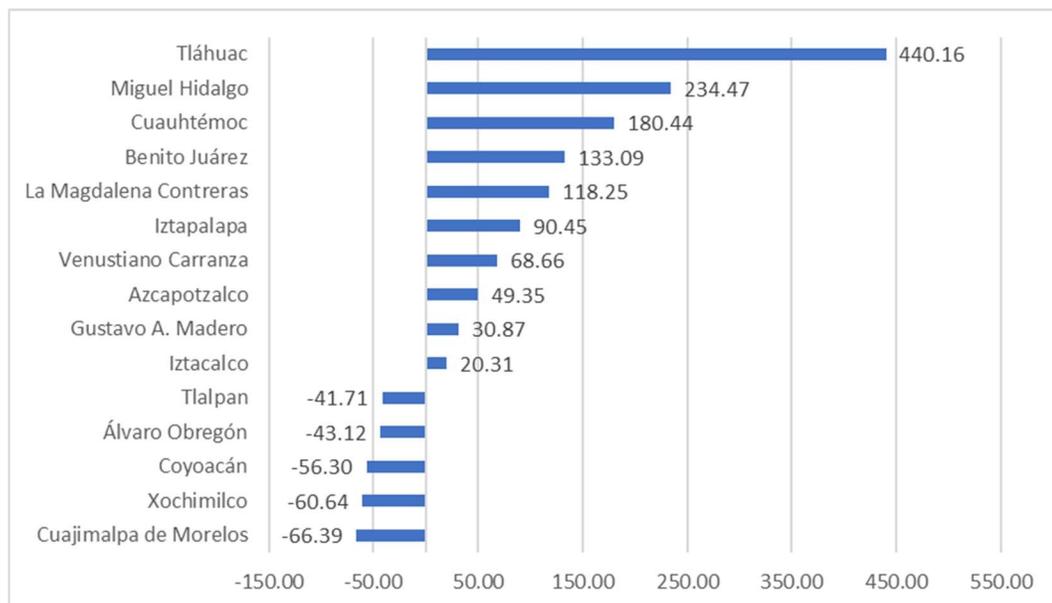


Gráfica 8. Perdida y aumento de zona de árboles por alcaldía en Km<sup>2</sup>, por autor.

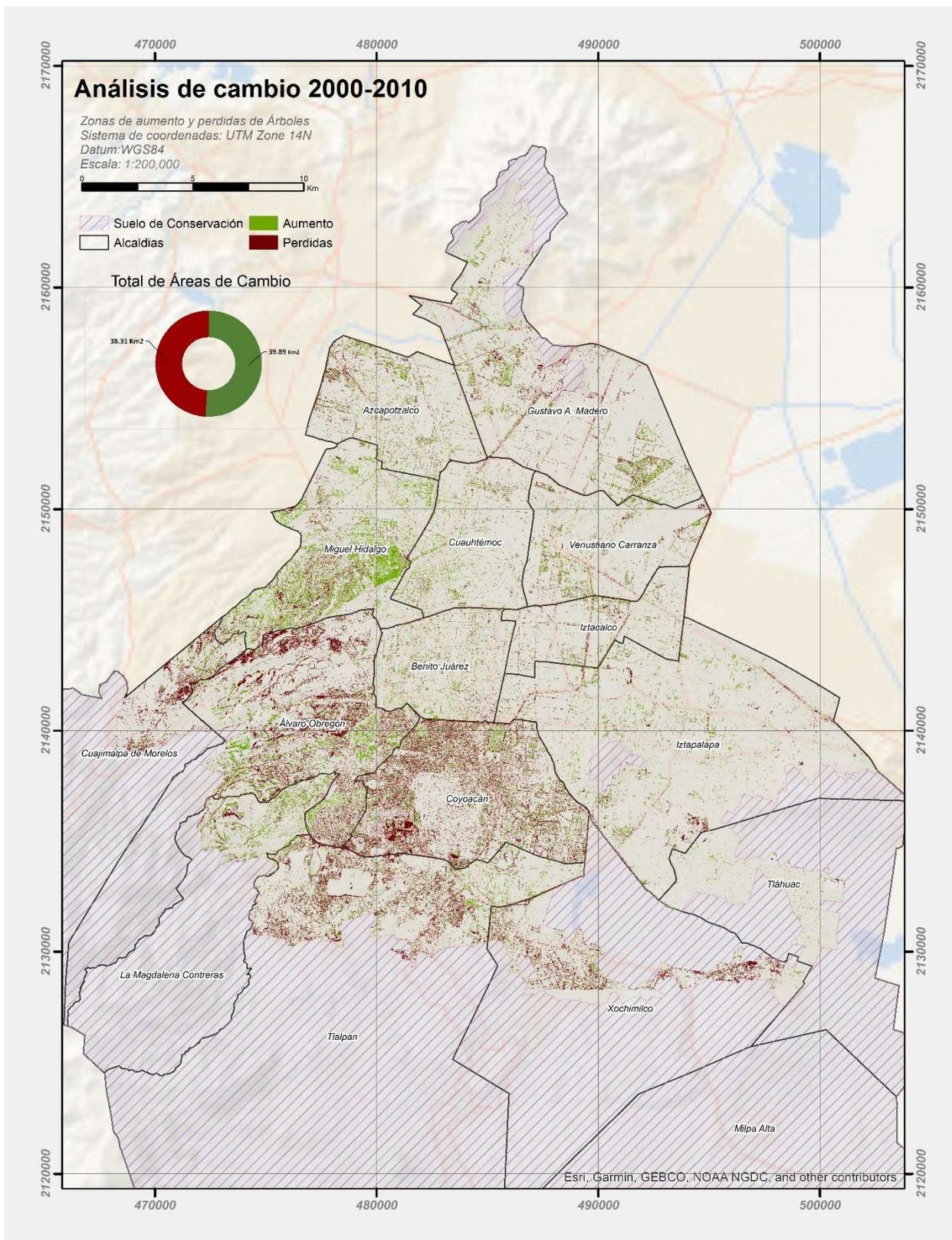
En el compartimiento de las áreas de árboles se observa que la única alcaldía que tuvo un gran aumento fue Miguel Hidalgo, ya que este tuvo un aumento del 7.714 Km<sup>2</sup>, por otro lado, las zonas que tuvieron una gran pérdida de árboles fueron las alcaldías de Coyoacán, con una pérdida de 9.727 Km<sup>2</sup> y Álvaro Obregón con 9.066 Km<sup>2</sup>. Pero para analizar ver realmente el cambio es necesario obtener la varianza de cada alcaldía, la cual se denota en la siguiente grafica.

Alcaldías	Perdida	Aumento	Variación	Variación %
Álvaro Obregón	-9.066	5.157	-3.910	-43.12
Azcapotzalco	-1.356	2.026	0.669	49.35
Benito Juárez	-0.717	1.672	0.955	133.09
Coyoacán	-9.727	4.250	-5.477	-56.30
Cuajimalpa de Morelos	-1.777	0.597	-1.180	-66.39
Cuauhtémoc	-0.658	1.847	1.188	180.44
Gustavo A. Madero	-2.534	3.316	0.782	30.87
Iztacalco	-0.747	0.899	0.152	20.31
Iztapalapa	-1.718	3.271	1.554	90.45
Magdalena Contreras	-0.768	1.677	0.908	118.25
Miguel Hidalgo	-2.306	7.714	5.408	234.47
Tláhuac	-0.081	0.437	0.356	440.16
Tlalpan	-5.069	2.955	-2.115	-41.71
Venustiano Carranza	-0.901	1.520	0.619	68.66
Xochimilco	-2.466	0.971	-1.495	-60.64

Tabla 10. Variaciones en áreas de Arboles por alcaldía en la Ciudad de México en Km<sup>2</sup>, por autor.



Gráfica 9. Variación en porcentaje de zona de árboles, por autor.

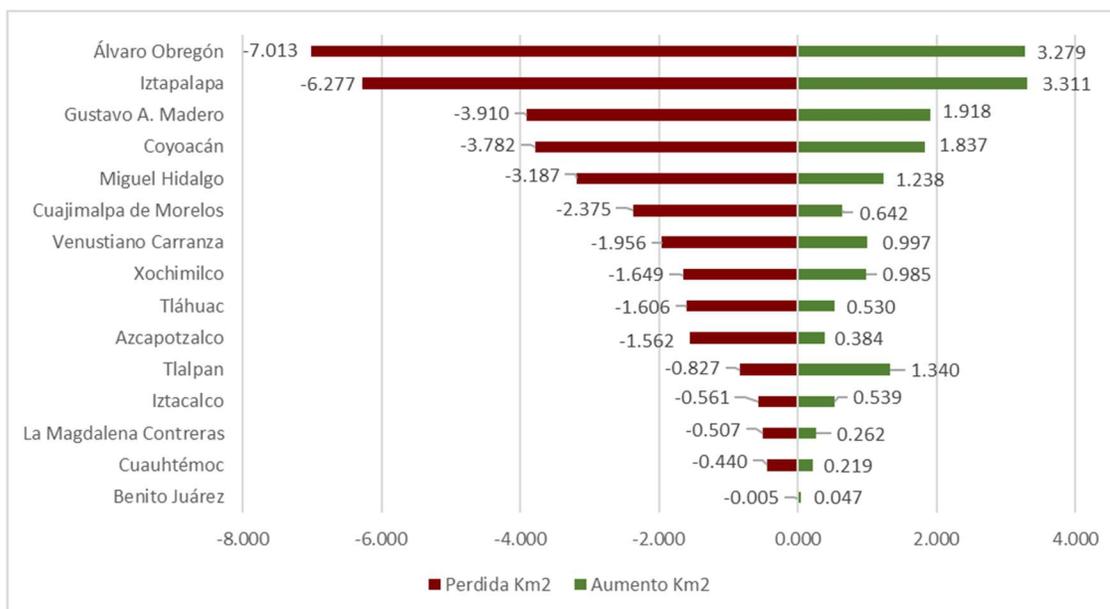


Mapa 5 Aumento y perdida en zonas de árboles en la Ciudad de México, por autor.

En las aéreas de pastos se cuenta con las siguientes cifras expresadas en la siguiente grafica.

Alcaldías	Áreas de pastos sin cambios [Km <sup>2</sup> ]	Perdida pastos [Km <sup>2</sup> ]	Aumento pastos [Km <sup>2</sup> ]
Álvaro Obregón	1.701	7.013	3.279
Azcapotzalco	0.422	1.562	0.384
Benito Juárez	0.021	0.005	0.047
Coyoacán	1.021	3.782	1.837
Cuajimalpa de Morelos	0.622	2.375	0.642
Cuauhtémoc	0.033	0.440	0.219
Gustavo A. Madero	1.624	3.910	1.918
Iztacalco	0.463	0.561	0.539
Iztapalapa	3.452	6.277	3.311
Magdalena Contreras	0.054	0.507	0.262
Miguel Hidalgo	0.601	3.187	1.238
Tláhuac	0.485	1.606	0.530
Tlalpan	0.492	0.827	1.340
Venustiano Carranza	2.243	1.956	0.997
Xochimilco	0.641	1.649	0.985

Tabla 11 Análisis de cambió en zona de pastos por alcaldías en la Ciudad de México, por autor.



Gráfica 10. Perdida y aumento de Pastos por alcaldía, en Km<sup>2</sup>, por autor.

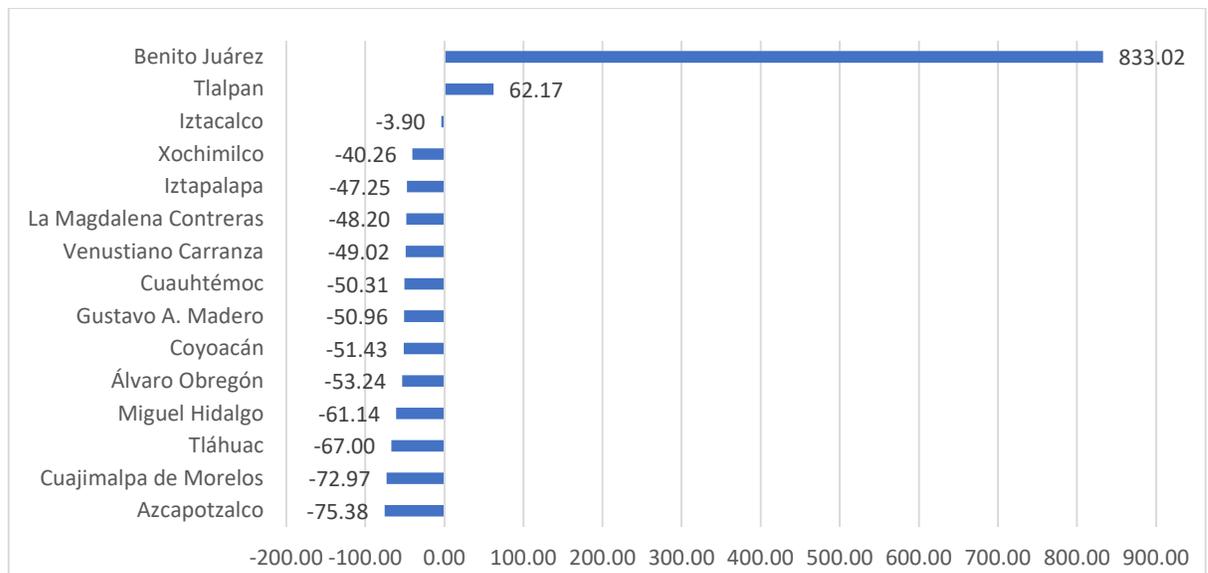
En el comportamiento que se nos presenta en la zona de pastos, tenemos un mayor número de pérdidas que de aumento. La Alcaldía que presento una mayor pérdida

pertenece a la alcaldía de Álvaro Obregón, presentando 7.013 Km<sup>2</sup>. En el caso contrario tenemos que la alcaldía que presente un mayor aumento fue Iztapalapa, teniendo un aumento de 3.311 Km<sup>2</sup>, por lo cual para las áreas de pastos en sus varianzas veremos pocas de carácter positiva.

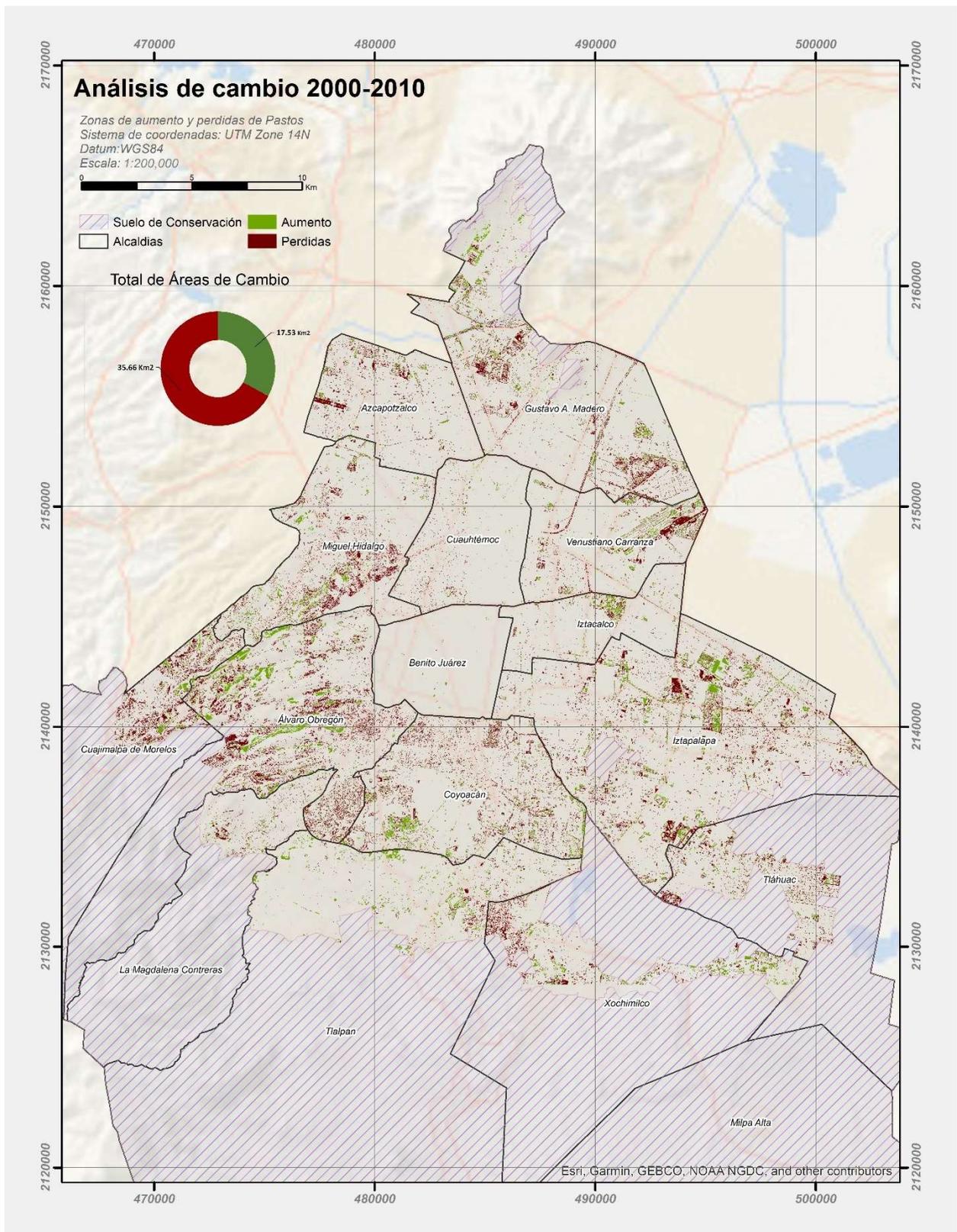
<b>ALCALDIAS</b>	<b>Perdida</b>	<b>Aumento</b>	<b>Variación</b>	<b>Variación [%]</b>
<b>Álvaro Obregón</b>	7.013	3.279	-3.734	-53.24
<b>Azcapotzalco</b>	1.562	0.384	-1.177	-75.38
<b>Benito Juárez</b>	0.005	0.047	0.042	833.02
<b>Coyoacán</b>	3.782	1.837	-1.945	-51.43
<b>Cuajimalpa de Morelos</b>	2.375	0.642	-1.733	-72.97
<b>Cuauhtémoc</b>	0.440	0.219	-0.222	-50.31
<b>Gustavo A. Madero</b>	3.910	1.918	-1.993	-50.96
<b>Iztacalco</b>	0.561	0.539	-0.022	-3.90
<b>Iztapalapa</b>	6.277	3.311	-2.966	-47.25
<b>Magdalena Contreras</b>	0.507	0.262	-0.244	-48.20
<b>Miguel Hidalgo</b>	3.187	1.238	-1.948	-61.14
<b>Tláhuac</b>	1.606	0.530	-1.076	-67.00
<b>Tlalpan</b>	0.827	1.340	0.514	62.17
<b>Venustiano Carranza</b>	1.956	0.997	-0.959	-49.02
<b>Xochimilco</b>	1.649	0.985	-0.664	-40.26

*Tabla 12. Variaciones en áreas de Pastos, en Km<sup>2</sup>, por autor.*

Como ya se había esperado tenemos solo dos alcaldías que presentaron una variación de carácter positiva las cuales fueron Benito Juárez de 0.042 Km<sup>2</sup> y la otra sería Tlalpan que fue la que tuvo la varianza mayor con 0.514 Km<sup>2</sup>. Para las demás alcaldías que presentaron una variación de carácter negativo, tenemos que fue de la alcaldía de Álvaro Obregón con una variación del 3.734 Km<sup>2</sup>, la cual era de esperarse ya que fue la alcaldía que presento la mayor cantidad de perdidas en este intervalo de tiempo. En porcentajes tenemos que todas las alcaldías que presentaron una varianza de carácter negativo se redujeron en más del 25%, es decir que todas las zonas de pastos se redujeron en más de una cuarta parte, incluso la alcaldía más crítica fue Azcapotzalco con un 60.49% de cambio negativo



*Gráfica 11. Variación en porcentaje de zona de pastos, por autor.*



Mapa 6 Aumento y perdida en zona de pastos de la Ciudad de México, por autor.

### 5.3 Áreas Verdes por habitantes.

El índice de áreas verdes por habitantes es la división del número de habitantes entre la cantidad de áreas verdes urbanas, a lo cual se necesitaron los Censos de Población y Vivienda efectuado por el INEGI y los datos obtenidos en el análisis. Para el primer inventario se cuenta con un censo, realizado en el año 2000, de 8,508,466 habitantes, esto sin contar los habitantes de Milpa Alta ya que esta se encuentra en suelo de conservación, distribuido por alcaldías de la siguiente forma.

Alcaldías	Áreas verdes urbanas 2000 (Km <sup>2</sup> )	Habitantes	Ratio de m <sup>2</sup> /habitante
Álvaro Obregón	24.556	687,020	36
Azcapotzalco	4.388	441,008	10
Benito Juárez	1.224	360,478	3
Coyoacán	20.581	640,423	32
Cuajimalpa de Morelos	5.601	151,222	37
Cuauhtémoc	1.812	516,255	4
Gustavo A. Madero	9.559	1,235,542	8
Iztacalco	2.247	411,321	5
Iztapalapa	12.280	1,773,343	7
La Magdalena Contreras	1.815	222,050	8
Miguel Hidalgo	8.885	352,640	25
Tláhuac	2.178	302,790	7
Tlalpan	11.718	581,781	20
Venustiano Carranza	5.586	462,806	12
Xochimilco	5.835	369,787	16

Tabla 13. Ratio de habitantes para el año 2000, en rojo alcaldías que no cumplen rango establecido por la OMS, por autor.

Analizando el ratio de habitantes tenemos que el mayor ratio le corresponde a la alcaldía de Cuajimalpa de Morelos, teniendo un 37.036 m<sup>2</sup>/habitante, el cual supera el rango establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) que recomienda tener entre 9 y 12 m<sup>2</sup>/habitante, sin embargo se encuentran alcaldías que no logran entrar en este en este rango, marcadas en color rojo en la tabla anterior, como son las alcaldías de Benito Juárez con 3 m<sup>2</sup>/habitante, Cuauhtémoc con 4 m<sup>2</sup>/habitante, Iztacalco con 5 m<sup>2</sup>/habitante, Magdalenas Contreras con 8 m<sup>2</sup>/habitante y Tláhuac con 7 m<sup>2</sup>/habitante.

Obteniendo los datos generales en este año tenemos 118.682 Km<sup>2</sup> de áreas verdes urbanas con 8,508,466.00 habitantes, sin considerar a los habitantes de Milpa Alta, lo que resulta un índice de 14 m<sup>2</sup>/habitante, teniendo un índice mayor al establecido por la OMS.

En el caso del segundo inventario tenemos que en el censo realizado en el año 2010 se presentaron un total de 8,720,498 habitantes, igualmente sin considerar los habitantes de Milpa Alta. Durante este periodo de 10 años la población tubo un aumento del 2.49%

que equivale a 212,032 habitantes. Obteniendo el índice de áreas verdes por habitante por alcaldías se obtienen los siguientes datos.

Alcaldías	Áreas Verdes urbanas 2010	Habitantes	ratio de m <sup>2</sup> /habitante
<b>Álvaro Obregón</b>	16.912	727,034	23
<b>Azcapotzalco</b>	3.880	414,711	9
<b>Benito Juárez</b>	2.221	385,439	6
<b>Coyoacán</b>	13.159	620,416	21
<b>Cuajimalpa de Morelos</b>	2.688	186,391	14
<b>Cauhtémoc</b>	2.779	531,831	5
<b>Gustavo A. Madero</b>	8.349	1,185,772	7
<b>Iztacalco</b>	2.377	384,326	6
<b>Iztapalapa</b>	10.868	1,815,786	6
<b>La Magdalena Contreras</b>	2.479	239,086	10
<b>Miguel Hidalgo</b>	12.344	372,889	33
<b>Tláhuac</b>	1.458	360,265	4
<b>Tlalpan</b>	10.117	650,567	16
<b>Venustiano Carranza</b>	5.245	430,978	12
<b>Xochimilco</b>	3.676	415,007	9

Tabla 14. Ratio de habitantes para el año 2010 en rojo alcaldías que no cumplen rango establecido por la OMS, por autor.

En el resultado que se obtuvo disminuye el número de alcaldías que no lograron alcanzar los m<sup>2</sup> por habitante establecido por la OMS, la cual es Magdalena Contreras aumentando su índice para poder estar dentro del rango. En el primer inventario se tiene a Cuajimalpa como la alcaldía con mayor ratio, con 37 m<sup>2</sup>/habitante, pero para este año la alcaldía con mayor ratio le corresponde Miguel Hidalgo con 33 m<sup>2</sup>/habitante siendo inferior a Cuajimalpa en el año 2000. Generalizado las cifras tenemos un total de 8,720,498 habitantes, sin considerar a Milpa Alta, y con una cantidad de 98.552 Km<sup>2</sup> de áreas verdes urbanas, resultado un índice de 11.301 m<sup>2</sup>/habitante, lo que lleva a que en el año del 2010 hubo un decremento del 2.599 m<sup>2</sup>/habitante en el índice de m<sup>2</sup> por habitante, pero este sigue estando dentro del rango establecido por la OMS, sin embargo, esto es algo de carácter crítico ya que la mayoría de las alcaldías siguen presentando una mala situación. Para analizar cómo fue el cambio en el índice de áreas verdes por habitantes de las alcaldías se obtuvieron las variaciones para cuantificar el aumento o disminución que se presentó durante este periodo de tiempo.

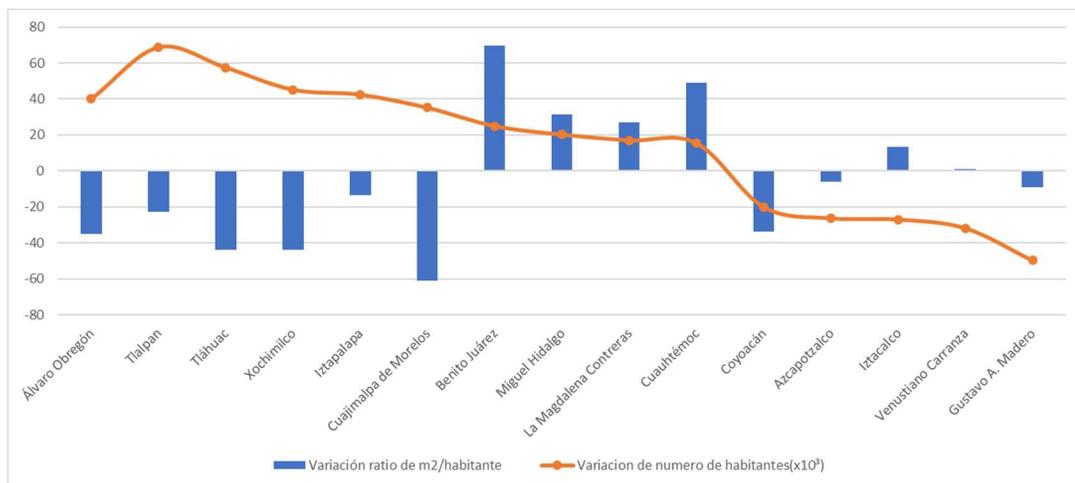
Alcaldías	Ratio de m <sup>2</sup> /habitante 2000	Ratio de m <sup>2</sup> /habitante 2010	Variación ratio de m <sup>2</sup> /habitante	Variación %
<b>Álvaro Obregón</b>	36	23	-12	-35
<b>Azcapotzalco</b>	10	9	-1	-6
<b>Benito Juárez</b>	3	6	3	50
<b>Coyoacán</b>	32	21	-11	-34

Alcaldías	Ratio de m <sup>2</sup> /habitante 2000	Ratio de m <sup>2</sup> /habitante 2010	Variación ratio de m <sup>2</sup> /habitante	Variación %
<b>Cuajimalpa de Morelos</b>	37	14	-23	-61
<b>Cuauhtémoc</b>	4	5	2	49
<b>Gustavo A. Madero</b>	8	7	-1	-9
<b>Iztacalco</b>	5	6	1	13
<b>Iztapalapa</b>	7	6	-1	-14
<b>La Magdalena Contreras</b>	8	10	2	27
<b>Miguel Hidalgo</b>	25	33	8	31
<b>Tláhuac</b>	7	4	-3	-44
<b>Tlalpan</b>	20	16	-5	-23
<b>Venustiano Carranza</b>	12	12	0	1
<b>Xochimilco</b>	16	9	-7	-44
<b>CDMX</b>	14	11	-3	-19

Tabla 15 Varianza en índice de áreas verdes por habitantes, por autor.

Durante este periodo de tiempo existen seis alcaldías que lograron un aumento, las cuales fueron Benito Juárez con un aumento de más del 50%, considerando de esta forma la alcaldía con mayor crecimiento en el índice de áreas verdes por habitantes, en segundo lugar, tenemos a Cuauhtémoc presentando un crecimiento del casi 50 % y en tercer lugar a Miguel Hidalgo con un crecimiento del 31%. Por otro lado, se tiene alcaldías que presentan un decremento en su índice, el más grande que se presentó le pertenece a la alcaldía de Cuajimalpa disminuyendo más del 60%, también presentaron una disminución de más del 40% las alcaldías de Tláhuac y Xochimilco, la cual es la alcaldía que perdió 6.922 m<sup>2</sup>/habitante haciendo que no cumpliera el rango establecido.

Se observa que la disminución del índice de las áreas verdes por habitantes se relaciona con el crecimiento de la población en las alcaldías, para demostrar se hace una relación entre la varianza de la población y la varianza en porcentaje del cambio en el índice de áreas verdes por habitantes.



Gráfica 12 Relación de variación de número de habitantes – variación de índice de áreas verdes por habitantes, por autor.

En la siguiente grafica se observa que se presentó un decremento en las áreas verdes urbanas donde hubo el mayor aumento de los habitantes, también se presenta que en las alcaldías donde el aumento del número de los habitantes no es tan grande se presenta aumento de las áreas verdes urbanas y por último en las zonas donde la variación es negativa en el número de habitantes la variación en las áreas verdes urbanas es mínima, esto debido a que ya no existe mucho espacio para donde realizar nuevas construcciones y realizan un reciclamiento urbano, el cual consiste en tiran cas para la construcción de condominios para que le gente logre habitar en estas alcaldías.

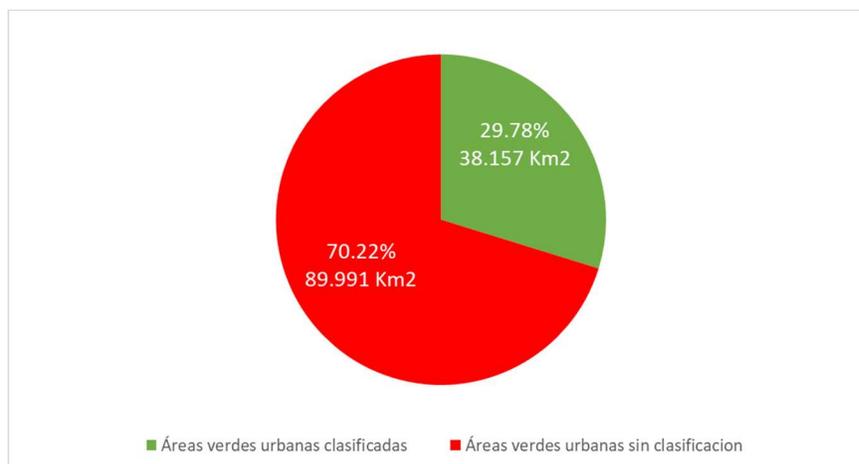
#### 5.4 Cambio de Áreas verdes urbanas clasificadas en la CDMX

Utilizando los datos abiertos de la CDMX perteneciente al año 2017, se clasifica parte del primer inventario para saber la cantidad de áreas que abarcan alguna categoría o subcategorías durante ese año, las áreas que no presentan categoría o subcategoría, durante su año de creación, no se tenía una clasificación asignada o no tenían control sobre dichas áreas verdes urbanas. Las cifras por categorías de las áreas verdes urbanas se presentan en la siguiente tabla:

Categorías	Km <sup>2</sup>
Áreas con características de protección	0.008
Áreas con categoría de protección	8.004
Áreas con vegetación reminiscente	1.178
Áreas verdes complementarias o ligadas a la red vial	3.956
Áreas verdes con estructura urbana	0.008
Áreas verdes urbanas fragmentadas	1.027
Equipamientos urbanos con vegetación	14.157
Forestación urbana	0.019
Parques, arboledas y alamedas	6.931
Plazas y jardines	2.498
Vivero	0.372

Tabla 16. Áreas verdes urbanas actuales en primer inventario, por autor.

El primer inventario presento un total de 38.157 Km<sup>2</sup> de zonas clasificadas para el año 2017, considerando que el primer inventario está conformado de un total de 128.148 Km<sup>2</sup> tenemos que solo un 29.78% de las áreas verdes urbanas tendrían un plan de control y cuidado, dejando el 70.22%, con un total de 89.991 Km<sup>2</sup>, del primer inventario sin ninguna clasificación.



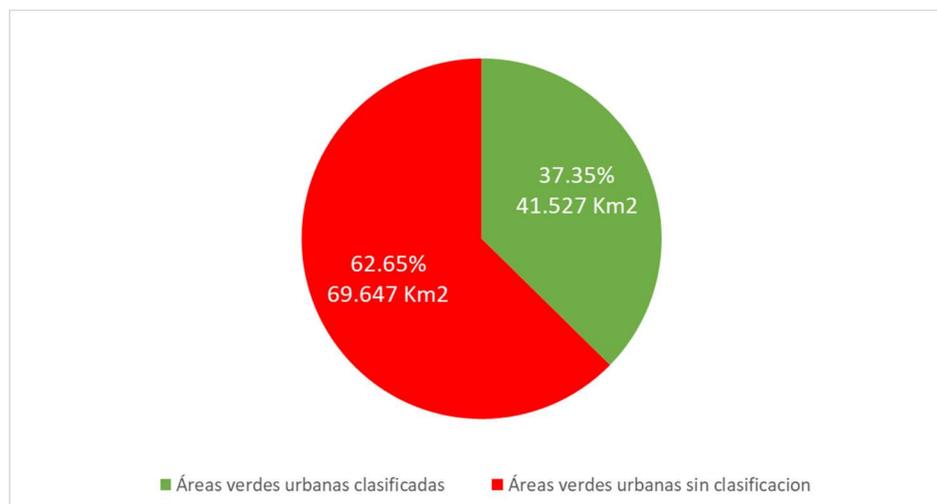
Gráfica 13 Áreas verdes urbanas actuales clasificadas en primer inventario, por autor

Al clasificar el segundo inventario con las áreas verdes urbanas del 2017, se obtiene que las cifras por categorías de las áreas verdes urbanas sean las siguientes:

Categorías	Km <sup>2</sup>
Áreas con características de protección	0.008
Áreas con categoría de protección	7.563
Áreas con vegetación reminiscente	1.316
Áreas verdes complementarias o ligadas a la red vial	4.529
Áreas verdes con estructura urbana	0.004
Áreas verdes urbanas fragmentadas	1.303
Equipamientos urbanos con vegetación	15.807
Forestación urbana	0.016
Parques, arboledas y alamedas	7.785
Plazas y jardines	2.834
Vivero	0.362

Tabla 17. Áreas verdes urbanas actuales en segundo inventario, por autor.

El segundo inventario presento un total de 41.527 Km<sup>2</sup> de zonas clasificadas en el año 2017, considerando que el segundo inventario está conformado de un total de 111.174 Km<sup>2</sup> se tiene que 37.35% de las áreas verdes urbanas tendrían un plan de control y cuidado, dejando el 62.65%, con un total de 69.647 Km<sup>2</sup> siendo esto un mayor porcentaje en comparación en el primer inventario.



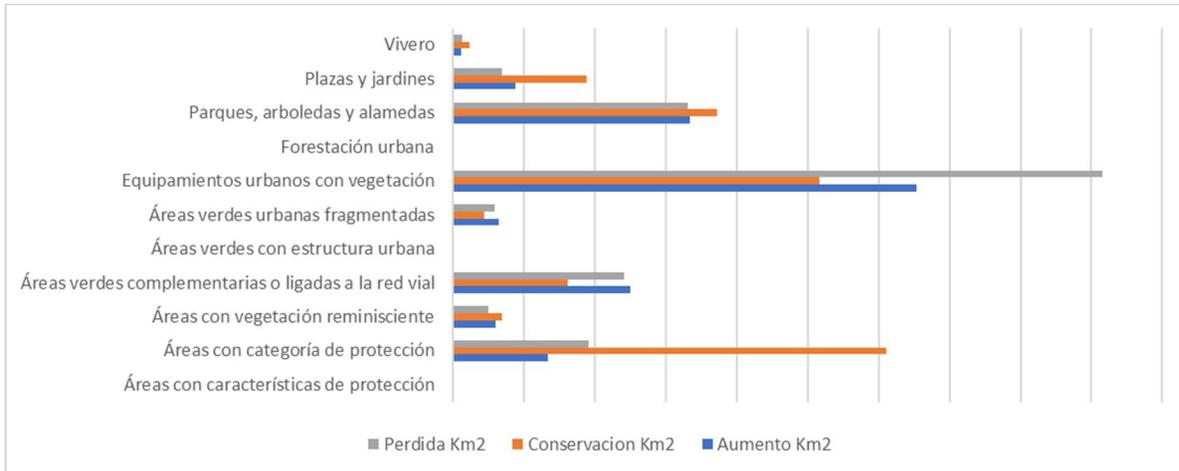
Gráfica 14 Áreas verdes urbanas actuales clasificadas en segundo inventario, por autor

Conociendo las áreas donde se presentaron cambios, se analizaron las áreas verdes urbanas clasificadas en el 2017 que se encontraron en los dos inventarios y se cuantifico cuáles fueron las categorías que sufrieron un cambio mayor.

Categorías	Aumento Km <sup>2</sup>	Conservación Km <sup>2</sup>	Perdida Km <sup>2</sup>
Áreas con características de protección	0.003	0.006	0.002
Áreas con categoría de protección	1.344	6.101	1.712
Áreas con vegetación reminiscente	0.605	0.693	0.495
Áreas verdes complementarias o ligadas a la red vial	2.508	1.622	2.208
Áreas verdes con estructura urbana	0.001	0.002	0.006
Áreas verdes urbanas fragmentadas	0.648	0.447	0.594
Equipamientos urbanos con vegetación	6.532	5.162	9.057
Forestación urbana	0.004	0.012	0.008
Parques, arboledas y alamedas	3.345	3.716	3.311
Plazas y jardines	0.878	1.887	0.698
Vivero	0.119	0.24	0.138

Tabla 18 Cambio en áreas verdes urbanas clasificadas, por autor.

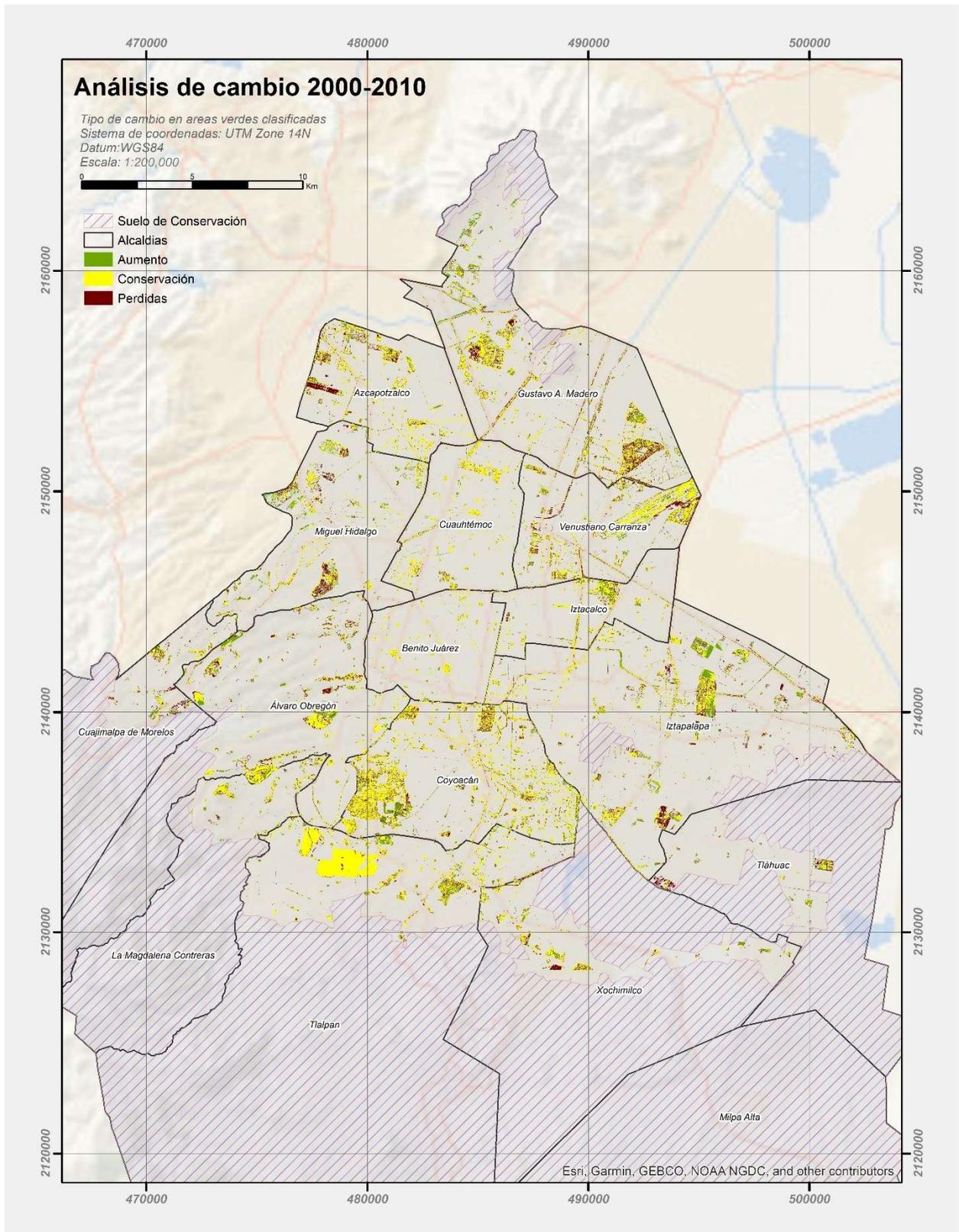
El cambio en general que se presentó con mayor cantidad fue la conservación, contando con un 19.888 Km<sup>2</sup> de áreas verdes urbanas, mientras que existió un aumento del 15.987 Km<sup>2</sup> y con pérdidas de 18.229 Km<sup>2</sup>. Sin embargo, existen categorías que no se comportaron con esta misma tendencia, la cual se observa con mayor facilidad en la siguiente grafica.



*Gráfica 15 Cambio en áreas verdes urbanas clasificadas, por autor.*

Existen clasificación que solo obtuvieron un pequeño cambio como son “forestación urbana, Áreas verdes con estructura urbana y Áreas con características de protección”, aunque se presentara la conservación como el cambio más grande en el análisis, se observa que este cambio solo se presentó en gran cantidad en la categoría de “Áreas con categoría de protección”, teniendo entonces categorías que si sufrieron una gran cantidad de perdidas, como por ejemplo “Equipamientos urbanos con vegetación”.

Se tiene que durante el primer inventario se presentó un total de 38.158 Km<sup>2</sup> y en el segundo inventario un total de 35.875 Km<sup>2</sup>, teniendo entonces una pérdida del 2.242 Km<sup>2</sup>, equivalente a solo dos veces el “Parque Hundido”. En el análisis tenemos que el cambio que se presentó con mayor cantidad en las áreas clasificadas fue la conservación, por lo cual se concluye que para que realmente exista un aumento en las áreas verdes urbanas, es mas importantes gestionar las áreas verdes urbanas existentes, esto basándose en que durante este periodo se tiene que hubo solo un aumento entre inventarios del 7% en las zonas clasificadas, lo cual solo equivale a 3.37 Km<sup>2</sup>.



Mapa 7 Tipo de cambio en áreas verdes urbanas clasificadas, por autor

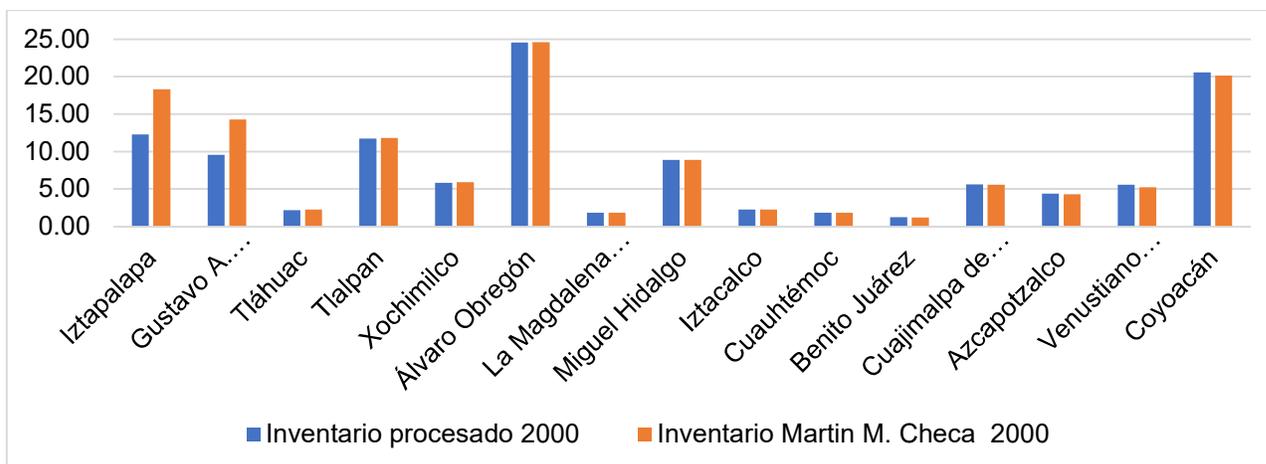
## 5.5 Diferencia entre Martin M. Checa-Artasu y resultados de tesis

Es importante tomar en cuenta los diferentes factores descritos a lo largo de este escrito para el procesamiento de un análisis de cambio con las áreas verdes urbanas, dado que si no se realiza un preprocesamiento de la información las cifras de cambio se alteran drásticamente, tengamos como ejemplo el escrito “Las áreas verdes en la Ciudad de México. Las diversas escalas de una geografía urbana” de Martín M. Checa-Artasu, en el cual realiza un análisis entre los mismos inventarios sin realizar un preprocesamiento de la información, de lo cual se obtienen los siguientes resultados:

Alcaldías	Inventario procesado 2000	Inventario Martin M. Checa 2000	Variación
Álvaro Obregón	24.56	24.59	0.03
Azcapotzalco	4.39	4.28	-0.11
Benito Juárez	1.22	1.19	-0.03
Coyoacán	20.58	20.13	-0.45
Cuajimalpa de Morelos	5.60	5.55	-0.05
Cuauhtémoc	1.81	1.81	0.00
Gustavo A. Madero	9.56	14.26	4.70
Iztacalco	2.25	2.25	0.00
Iztapalapa	12.28	18.32	6.04
La Magdalena Contreras	1.81	1.82	0.01
Miguel Hidalgo	8.88	8.89	0.01
Tláhuac	2.18	2.27	0.09
Tlalpan	11.72	11.80	0.08
Venustiano Carranza	5.59	5.23	-0.36
Xochimilco	5.83	5.89	0.06
<b>Total</b>	<b>118.26</b>	<b>128.28</b>	<b>10.02</b>

Tabla 19 Comparación en inventarios procesados con inventario de Martin M. Checa, unidades en Km<sup>2</sup> 2000, por autor.

En el primer inventario se presentó una variación de 10 Km<sup>2</sup>, la cual esta equivale a más de 100 veces el área que cuenta el “Estadio azteca” teniendo un error del 7.95% con respecto en el primer inventario, de estas variaciones que se obtuvieron fueron las alcaldías de Iztapalapa y Gustavo I. Madero las que presentaron un cambio significativo, esto debido a que presentaban grandes áreas dentro del suelo de conservación y mientras el resto de las alcaldías solo le fue eliminado el ruido se presentaba.



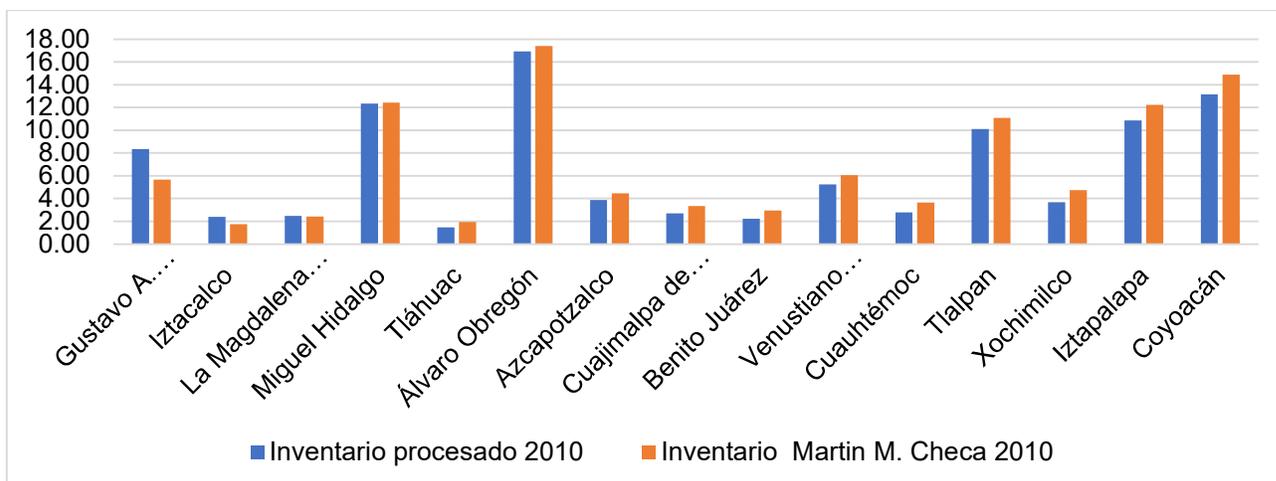
Gráfica 16 Comparación en inventarios procesados con inventario de Martin M. Checa, unidades en Km² 2000, por autor.

Para el segundo inventario se tienen los siguientes resultados:

Alcaldías	Inventario procesado 2010	Inventario Martin M. Checa 2010	variación
Álvaro Obregón	16.91	17.41	0.50
Azcapotzalco	3.88	4.45	0.57
Benito Juárez	2.22	2.95	0.73
Coyoacán	13.16	14.88	1.72
Cuajimalpa de Morelos	2.69	3.34	0.65
Cuauhtémoc	2.78	3.66	0.88
Gustavo A. Madero	8.35	5.66	-2.69
Iztacalco	2.38	1.74	-0.64
Iztapalapa	10.87	12.23	1.36
La Magdalena Contreras	2.48	2.43	-0.05
Miguel Hidalgo	12.34	12.43	0.09
Tláhuac	1.46	1.95	0.49
Tlalpan	10.12	11.07	0.95
Venustiano Carranza	5.25	6.04	0.79
Xochimilco	3.68	4.74	1.06
Total	98.55	104.98	6.43

Tabla 20 Comparación de áreas verdes urbanas en entre de Martin M. Checa y tesis, unidades en Km² 2010, por autor.

En el caso del inventario 2010, se observa que existen diferencias en todas las alcaldías, esto debido a que en el preprocesamiento el área mínima de mapeo fue mayor con la que se creó este inventario, obteniendo como resultando una variación de 6.43 Km², lo cual equivaldría a 7 veces "Ciudad Universitaria", lo cual equivale a un error del 6.12%



Gráfica 17 Comparación en inventarios procesados con inventario de Martin M. Checa, unidades en Km² 2010, por autor.

Teniendo un resultado de las áreas verdes urbanas diferentes entre los dos análisis de cambio, se realiza la comparación de los índices de zonas verdes urbanas por habitante desprendido del análisis de cambio, de lo cual las cifras utilizadas para cada análisis son las siguientes:

Análisis de cambio	Número de habitantes		Áreas verdes urbanas	
	Inventario 2000	Inventario 2010	Inventario 2000 Km2	Inventario 2010 Km2
<b>Martín M. Checa-Artasu</b>	8,602,239	8,720,916	128.28	112.90
<b>Tesis</b>	8,605,239	8,851,080	118.26	98.55

Tabla 21 Información utilizados en los análisis de cambio, por autor.

Las cifras de habitantes utilizadas pertenecen al censo general de población y vivienda efectuado por el INEGI en diferentes años para cada inventario. En el caso del inventario 2000 ambos análisis utilizaron el censo del año 2000, sin embargo, lo publicado por la autora Checa-Artasu tiene una diferencia de 3,000 habitantes con lo reportado en el censo correspondiente a ese año. Para los inventarios del año 2010 se utilizaron censos de diferentes años, para el análisis de Checa Artasu se utilizó el censo del año 2005 debido a que era el censo más cercano al año del cual se realizó su análisis, mientras que para el análisis de este escrito se realizó con en el censo del año 2010, teniendo un censo más aproximado a la fecha de la creación del segundo inventario, teniendo esto en cuenta se tiene una diferencia de 130,164 habitantes más entre los análisis.

En las cifras de las áreas verdes se pueden notar las diferencias que sufrieron con el preprocesamiento de la información, las cuales al aplicar los cálculos de radio por habitantes se obtiene las siguientes variaciones por alcaldía:

Alcaldía	Inventario 2000 Ratio de m <sup>2</sup> /habitante			Inventario 2010 Ratio de m <sup>2</sup> /habitante		
	M. Checa- Artasu	Tesis	Variación	M. Checa- Artasu	Tesis	Variación
Álvaro Obregón	35.80	35.74	-0.06	19.20	23.26	4.06
Azcapotzalco	9.70	9.95	0.25	8.60	9.36	0.76
Benito Juárez	3.30	3.40	0.10	8.10	5.76	-2.34
Coyoacán	31.40	32.14	0.74	18.00	21.21	3.21
Cuajimalpa de Morelos	36.70	37.04	0.34	16.80	14.42	-2.38
Cuauhtémoc	3.50	3.51	0.01	6.10	5.23	-0.88
Gustavo A. Madero	11.50	7.74	-3.76	5.00	7.04	2.04
Iztacalco	5.50	5.46	-0.04	4.40	6.19	1.79
Iztapalapa	10.30	6.93	-3.38	3.10	5.99	2.89
La Magdalena Contreras	10.30	8.17	-2.13	13.80	10.37	-3.43
Miguel Hidalgo	25.20	25.20	0.00	35.20	33.11	-2.10
Tláhuac	7.50	7.19	-0.31	3.20	4.05	0.85
Tlalpan	20.30	20.14	-0.16	19.10	15.55	-3.55
Venustiano Carranza	11.30	12.07	0.77	5.90	12.17	6.27
Xochimilco	15.90	15.78	-0.12	13.10	8.86	-4.24
CDMX	15.10	13.90	-1.20	12.94	11.30	-1.64

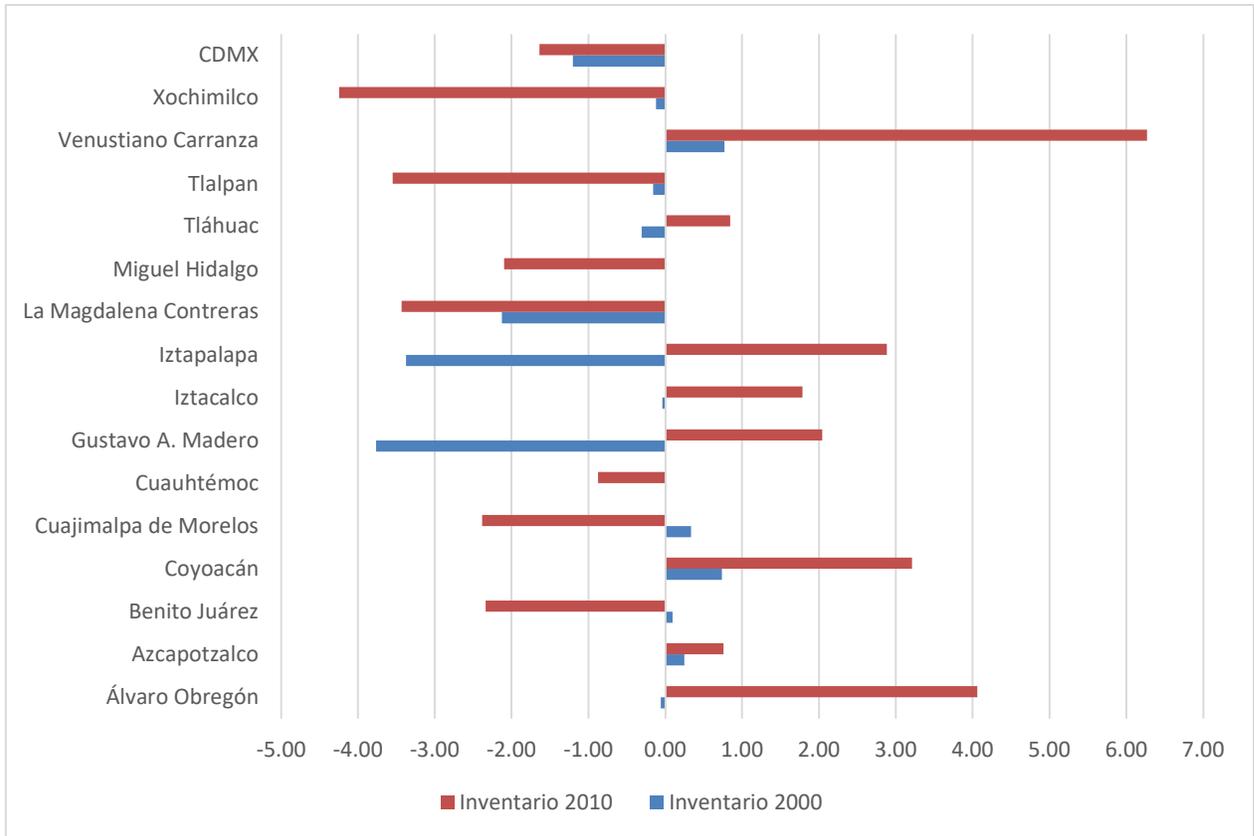
Tabla 22. Variación entre Ratio de m<sup>2</sup>/habitante obtenido del análisis de M.Checa Artasu y tesis, por autor.

De la tabla de variaciones del Ratio de m<sup>2</sup>/habitante se observa que para la CDMX tubo una variación de carácter negativo en los dos inventarios, esto debido a que en el procesamiento del análisis de cambio descrito en esta tesis tubo menor cantidad de áreas verdes urbanas y mayor número de habitantes, en ambos inventarios, a lo cual al realizar la división entre estos dos aspectos iba a ser menor que lo presentado por la autora M.Checa Artasu. También se puede observar que no en todas las alcaldías presentaron un mismo tipo de cambio (positivo o negativo), esto debido a que durante el cálculo del Ratio de habitantes las áreas verdes urbanas de las alcaldías pudieron ser menor y el número de habitantes mayor, provocado una diferencia negativa, o bien el caso contrario tener un número de habitantes menor y áreas verdes urbanas mayor, provocando una variación de carácter positivo.

En el inventario del año 2000 resulto el mismo ratio de habitantes en la alcaldía de Miguel Hidalgo para ambos análisis de cambio, mientras que las alcaldías de Gustavo a. Madero, Iztapalapa y la Magdalena Contreras obtuvieron las variaciones más grandes debido a que fueron las alcaldías que durante el preprocesamiento de la información para el análisis de esta tesis se vieron afectadas al descartar las áreas verdes urbanas dentro del suelo de conservación, mientras que el resto de las alcaldías obtuvieron una variación

mínima, dado que estas alcaldías sufrieron de un cambio mínimo durante el preprocesamiento y se contaba con el censo del INEGI del mismo año.

Para el inventario del año 2010 no fue el mismo comportamiento en la variación que en el primer inventario, dado que, en la mayoría de las alcaldías, a excepción de Azcapotzalco, Tláhuac y Cuauhtémoc, presentan variaciones arriba de 2 m<sup>2</sup>/habitante, Esto es debido a que para el análisis de este inventario se tomaron censos de diferentes años y que durante el preprocesamiento de la información todas las alcaldías sufrieron cambios al tener un área mínima de mapeo mayor al de su creación.



Gráfica 18 Variaciones del Ratio de m<sup>2</sup>/habitante de los inventarios ocupados en los análisis de cambio (M.Checa-Artasu - Tesis), por autor.

## **Capítulo 6 Conclusiones.**

Esta tesis presenta una metodología para realizar análisis de cambio de inventarios de áreas verdes para la Ciudad de México realizados a partir del uso de imágenes de satélite multispectrales con diferentes resoluciones espaciales, para poder hacer comparaciones validas de perdida, ganancia y conservación de áreas verdes

Para poder realizar un análisis de cambio correcto es necesario tener un conocimiento en el uso de análisis espacial y sistemas de información geográfica con grandes cantidades de información de tipo vectorial y de tipo ráster, además de tener conocimiento en percepción remota para entender las características que tienen cada una de las imágenes satelitales, como son la resolución de cada una de sus bandas que las conforman.

El uso de la cartografía es un gran apoyo para poder visualizar cómo se comporta la información entre sí y notar algunos factores que se presentan durante un análisis de cambio, como son al momento de la sobreposición de la capa vectorial de suelo de conservación, se visualiza con facilidad interacción entre el suelo de conservación y los inventarios de análisis, además de poder observar donde existe áreas repetidas.

## Bibliografía

1. PAOT, “**Presente y futuro de las áreas verdes y del arbolado de la Ciudad de México**”, PAOT, pp. 1-261.
2. **Áreas verde urbanas 2017**, Datos abiertos 2017, <https://datos.gob.mx/busca/dataset?theme=Geoespacial>
3. Checa-Artasu, Martín M, “**Las áreas verdes en la Ciudad de México. Las diversas escalas de una geografía urbana**”, Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales, pp. 1-22.
4. Barton David N, Gómez-Baggethun Erik y Asa Gren, “**Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities**”, Springer Netherlands, pp. 175-251.
5. Enríquez Santillán, Carlos Adrián,” **El bosque de Chapultepec y la Transformación de su entorno**”, tesis UNAM, pp. 1-121.
6. Ibarra Cáceres, Ana Luisa, “**Los sistemas de verdes urbanos y su influencia en la calidad del aire en la Ciudad de México, 2011**”, tesis UNAM, pp. 1-181.
7. Hinojosa Robles, Eduardo, “**El manejo de áreas verdes en la Ciudad de México Sección: Divulgación y Pekín: la búsqueda de la sustentabilidad en grandes ciudades**”, Centro de Especialistas en Gestión Ambiental; maestrante de manejo urbano ambiente, pp. 1-9.
8. A. López-Caloca Alejandra, Franz Mora y Escalante-Ramírez Boris, “**Mapping and characterization of urban forest in Mexico City**”, Universidad Nacional Autónoma de México, División de Posgrado de Ingeniería, pp. 1-9.
9. Mark Sorensen, Valerie Barzetti Kari Keipi y John Williams, “**Manejo de las áreas verdes urbanas**”, Documento de buenas prácticas, pp. 1-73

## Contenido

### Imágenes

Imagen 1 Subcategorías de áreas verdes urbanas en la CDMX, Datos abiertos 2017..	10
Imagen 2. Parque Canaguin, Miguel Hidalgo, CDMX. ....	14
Imagen 3. Azoteas naturadas, CDMX. ....	14
Imagen 4. Parque Bicentenario, CDMX. ....	15
Imagen 5 Viaducto Río de la Piedad, CDMX.....	15
Imagen 6. Diagrama de flujo del análisis, Autor. ....	26

### Mapas

Mapa 1. Áreas verdes urbanas en la CDMX, 2017. Datos abiertos 2017 .....	11
Mapa 2. Áreas verdes urbanas en la CDMX, 2000. CentroGeo.....	22
Mapa 3. Áreas verdes urbanas en la CDMX 2010, PAOT 2010.....	25
Mapa 4 Aumento y perdidas en áreas verdes urbanas de la Ciudad de México, por autor .....	36
Mapa 5 Aumento y pérdida en zonas de árboles en la Ciudad de México, por autor.....	39
Mapa 6 Aumento y pérdida en zona de pastos de la Ciudad de México, por autor.....	43
Mapa 7 Tipo de cambio en áreas verdes urbanas clasificadas, por autor.....	51

### Tablas

Tabla 1. Categorías de las áreas verdes urbanas, Datos abiertos 2017.....	9
Tabla 2. Áreas verdes urbanas por alcaldía, SEDEMA 2003.....	21
Tabla 3. Áreas verdes urbanas por alcaldía, PAOT 2010. ....	24
Tabla 4. Variación de cifras oficiales e información en inventario 2003, por autor. ....	29
Tabla 5. Variación de cifras oficiales e información en inventario 2009, por autor. ....	30
Tabla 6 Análisis de área mínima de mapeo en Km <sup>2</sup> , por autor.....	30
Tabla 7 Análisis de cambió en Áreas verdes urbanas por alcaldías, por autor. ....	33
Tabla 8. Variación de áreas verdes urbanas por alcaldía, por autor. ....	34
Tabla 9 Análisis de cambió en zona de árboles por alcaldías en la Ciudad de México, por autor. ....	37
Tabla 10. Variaciones en áreas de Arboles por alcaldía en la Ciudad de México en Km <sup>2</sup> , por autor. ....	38
Tabla 11 Análisis de cambió en zona de pastos por alcaldías en la Ciudad de México, por autor. ....	40
Tabla 12. Variaciones en áreas de Pastos, en Km <sup>2</sup> , por autor. ....	41
Tabla 13. Ratio de habitantes para el año 2000, en rojo alcaldías que no cumplen rango establecido por la OMS, por autor.....	44
Tabla 14. Ratio de habitantes para el año 2010 en rojo alcaldías que no cumplen rango establecido por la OMS, por autor.....	45
Tabla 15 Varianza en índice de áreas verdes por habitantes, por autor. ....	46
Tabla 16. Áreas verdes urbanas actuales en primer inventario, por autor. ....	47
Tabla 17. Áreas verdes urbanas actuales en segundo inventario, por autor.....	48
Tabla 18 Cambio en áreas verdes urbanas clasificadas, por autor.....	49
Tabla 19 Comparación en inventarios procesados con inventario de Martin M. Checa, unidades en Km <sup>2</sup> 2000, por autor.....	52

Tabla 20 Comparación de áreas verdes urbanas en entre de Martin M. Checa y tesis, unidades en Km <sup>2</sup> 2010, por autor.....	53
Tabla 21 Información utilizados en los análisis de cambio, por autor.....	54
Tabla 22. Variación entre Ratio de m <sup>2</sup> /habitante obtenido del análisis de M.Checa Artasu y tesis, por autor.....	55

## **Graficas**

Gráfica 1. Áreas verdes urbanas por alcaldía, SEDEMA 2003 .....	21
Gráfica 2. Áreas verdes urbanas por alcaldías 2010 en Km <sup>2</sup> , PAOT 2010. ....	24
Gráfica 3. Áreas verdes urbanas finales, inventario uno e inventario dos en Km <sup>2</sup> , por autor. ....	31
Gráfica 4. Tipo de cambio en áreas verdes urbanas de la Ciudad de México, por autor .....	32
Gráfica 5. Pérdida y aumento de Áreas verdes urbanas de la Ciudad de México, por autor. ....	33
Gráfica 6. Variaciones en Km <sup>2</sup> por alcaldías de áreas verdes urbanas, por autor. ....	34
Gráfica 7 variación en porcentaje por alcaldías, por autor. ....	35
Gráfica 8. Perdida y aumento de zona de árboles por alcaldía en Km <sup>2</sup> , por autor. ....	37
Gráfica 9. Variación en porcentaje de zona de árboles, por autor.....	38
Gráfica 10. Perdida y aumento de Pastos por alcaldía, en Km <sup>2</sup> , por autor.....	40
Gráfica 11. Variación en porcentaje de zona de pastos, por autor.....	42
Gráfica 12 Relación de variación de número de habitantes – variación de índice de áreas verdes por habitantes, por autor.....	46
Gráfica 13 Áreas verdes urbanas actuales clasificadas en primer inventario, por autor	48
Gráfica 14 Áreas verdes urbanas actuales clasificadas en segundo inventario, por autor .....	49
Gráfica 15 Cambio en áreas verdes urbanas clasificadas, por autor. ....	50
Gráfica 16 Comparación en inventarios procesados con inventario de Martin M. Checa, unidades en Km <sup>2</sup> 2000, por autor. ....	53
Gráfica 17 Comparación en inventarios procesados con inventario de Martin M. Checa, unidades en Km <sup>2</sup> 2010, por autor.....	54
Gráfica 18 Variaciones del Ratio de m <sup>2</sup> /habitante de los inventarios ocupados en los análisis de cambio (M.Checa-Artasu - Tesis), por autor.....	56