



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN URBANISMO

MAESTRÍA EN URBANISMO

EVALUACIÓN ECOLÓGICA DE LAS ÁREAS VERDES. CASO DE ESTUDIO: CIUDAD VICTORIA DE DURANGO

TESIS QUE OPTA POR EL GRADO DE:

MAESTRA EN URBANISMO

PRESENTA:

BIÓL. YAZMIN CARRILLO MATA

DIRECTOR DE TESIS: DR. ENRIQUE PÉREZ CAMPUZANO. IGg, UNAM

MTRA. MARÍA DEL PILAR FERNÁNDEZ LOMELÍN. IGg, UNAM

DR. GUSTAVO PÉREZ VERDÍN. CIIDIR, IPN

DRA. CLAUDIA REYES AYALA. FA, UNAM

MTRO. ENRIQUE SOTO ALVA. FA, UNAM

Ciudad de México, Diciembre, 2020



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.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México por darme la oportunidad de ser parte de su comunidad y por otorgarme la formación académica desde el bachiller, en sus estancias estuve asesorada por buenos profesores, los cuales me ayudaron a encontrar mi vocación y me formaron como profesionista, y hoy en día continua brindándome una oportunidad para seguir aprendiendo.

Al Dr. Enrique Pérez Campuzano por confiar en mis habilidades y conocimientos para la elaboración del presente proyecto de tesis, y brindarme la oportunidad de realizarla. Por tomarse la molestia de orientarme en la vida.

Al proyecto PAPIIT IN301919 UNAM por el financiamiento para la culminación del presente proyecto.

A mis sinodales por darse el tiempo de leer el presente trabajo Pilar Fernández, Gustavo Pérez Verdín, Enrique Soto y Claudia Reyes.

A mi equipo del Instituto de Geografía, Jess, Ale, Marco y los Doctores Carlos y Guillermo por los buenos momentos que hemos pasado juntos.

A mis compañeros de vida Sofía y Daniel, que me apoyan y orientan, muchas gracias por todo chicos, los quiero mucho.

A Samantha por su guía personal y gran amistad. Te quiero.

Para la familia y los amigos, que siguen siendo parte importante de mi vida. Mi abuela Ana, tía Francis, Araceli, Carlos, Iván, Jesús, Poncho y Omar.

«Aquellos que fueron a las metrópolis han caído en un desierto»

Pepe Kalle

«Cuando un hombre planta árboles bajo los cuales sabe perfectamente que nunca se sentará, ha comenzado a descubrir el significado de la vida»

Elton Trueblood

«Land as capital, heritage, nature, as investment, inspiration, home. All finite, all requiring care. So, add planning and ecology as wisdom, for nature's future, our future»

Richard T.T. Forman

ÍNDICE

ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE MAPAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. ECOLOGÍA URBANA	6
1.1 FUNDAMENTOS DE ECOLOGÍA	9
1.1.1 Ecología y parques	12
1.2 LAS ÁREAS VERDES EN LAS CIUDADES.....	14
1.2.1 El papel de los parques como infraestructura pública.....	18
1.2.2 Origen de los parques como infraestructura verde.....	21
1.3 SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	24
1.3.1 La importancia de las áreas verdes desde los Objetivos de Desarrollo Sostenible	27
1.4 EL ESPACIO PÚBLICO Y SU GESTIÓN.....	31
CAPÍTULO II. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y POBLACIÓN.....	37
2.1 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS Y MEDIO FÍSICO NATURAL DE LA CIUDAD.....	37
2.1.1 Ubicación.....	37
2.1.2 Características generales del suelo.....	38
2.1.3 Tipo de suelo y uso de suelo.....	39
2.1.4 Hidrografía.....	41
2.1.5 Clima	42

2.1.6 Flora	42
2.1.7 Fauna	42
2.2 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DE LA POBLACIÓN	45
2.2.1 Densidad demográfica	47
2.2.2 Nivel de estudios	48
2.2.3 Características económicas	49
CAPÍTULO III. ECOLOGÍA DE LAS ÁREAS VERDES DE VICTORIA DE DURANGO	
.....	51
3.1 MÉTODO.....	59
3.1.1 Selección de áreas verdes	60
3.2 RESULTADOS	62
3.2.1 EVALUACIÓN DE SUELO	62
3.2.1.1 Textura.....	66
3.2.1.2 Densidad real, densidad aparente y espacio poroso	67
3.2.1.3 Humedad y capacidad de campo.....	69
3.2.1.4 Color	72
3.2.1.5 Potencial de Hidrógeno (pH)	73
3.2.1.6 Conductividad	76
3.2.2 EVALUACIÓN DE VARIABLES CLIMÁTICAS	77
3.2.2.1 Temperatura del suelo	77
3.2.2.2 Radiación solar.....	78
3.2.2.3 Ruido	82
3.2.3 EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN.....	85
3.2.3.1 Superficie permeable y densidad arbórea total	85
3.2.4 ÍNDICES DE DIVERSIDAD	87

3.2.4.1 Índices de riqueza específica	87
3.2.4.2 Índices de diversidad	88
3.2.4.3 Índice de equitabilidad	88
3.2.4.4 Índice de Diversidad de Hill	88
3.2.5 ACCESIBILIDAD.....	92
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	95
RECOMENDACIONES	105
REFERENCIAS	107
ANEXOS.....	126
1. TABLAS DEL LISTADO DE ESPECIES DE VEGETACIÓN.....	126
2. TABLAS DEL LISTADO DE ESPECIES DE FAUNA	129
3. MÉTODOS	137
3.1 Diseño de muestreo	137
3.1.1 Extracción de muestras del suelo	138
3.1.2 Muestras para densidad aparente	138
3.1.3 Campo. Temperatura y humedad relativa	139
3.1.4 Radiación solar.....	139
3.1.5 Temperatura superficial.....	139
3.1.6 Ruido	140
3.2. Métodos para el análisis edáfico	140
3.2.1 Preparación del suelo	140
3.2.2 Textura al tacto	140
3.2.3 Color.....	141
3.2.4 Contenido de humedad	141

3.2.5 Densidad aparente	142
3.2.6 Densidad real (método del picnómetro)	143
3.2.7 Espacio Poroso.....	144
3.2.8 pH y Conductividad	144
3.3 Superficie permeable y densidad arbórea total	146
3.4 Determinación de especies.....	146
3.5 Índices de diversidad	146
3.5.1 Diversidad de Hill	148
3.5.2 Índice de equitabilidad	149
3.5.3 Coeficiente de similitud.....	149
4. TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL INMOBILIARIO URBANO	150
5. TABLAS DE ABUNDANCIA Y RIQUEZA ESPECÍFICA POR COLONIA	156

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Efectos directos e indirectos de la actividad de los humanos sobre la Tierra	7
Figura 2. Dominio o alteración humana de varios de los principales componentes de los sistemas de la tierra	8
Figura 3. Características de los ecosistemas	11
Figura 4. Integración de las áreas verdes en la ciudad	16
Figura 5. Relación entre los servicios ecosistémicos y el bienestar	25
Figura 6. Relación jerárquica de los ODS con el tema de tesis	27
Figura 7. Relación de los objetivos de la NAU III con la gestión de áreas verdes	30
Figura 8. Diagrama de las clases texturales del suelo	66
Figura 9. Diagrama de Troug	74

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Localización de Victoria de Durango, Durango	37
Mapa 2. Mancha urbana de Victoria de Durango y uso de suelo colindante	40
Mapa 3. Expansión urbana de la localidad	41
Mapa 4. Densidad poblacional de la ciudad	50
Mapa 5. Infraestructura verde de la ciudad	56
Mapa 6. Áreas verdes seleccionadas para la evaluación	62
Mapa 7. Buffer de accesibilidad por parque	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ramas de la Ecología y nivel de estudio	10
Tabla 2. Diferencias entre ecosistemas y sistemas socio - ecológicos	13
Tabla 3. Tipos de parques	17
Tabla 4. Tipología de parques en México	23
Tabla 5. Número de especies por grupo	42
Tabla 6. Número de especies clasificadas dentro de la NOM-059	44
Tabla 7. Número de especies clasificadas dentro de la lista de la IUCN	44
Tabla 8. Información básica de la población	47
Tabla 9. Estadísticas de vivienda	48
Tabla 10. Tenencia de la vivienda	48
Tabla 11. Nivel de escolaridad	49
Tabla 12. Ocupación de la población económicamente no activa	49
Tabla 13. Etapas y agentes participantes el proceso de gestión de parques de acuerdo con el marco jurídico estatal y municipal (Victoria de Durango)	52
Tabla 14. Presupuesto autorizado para el 2020	55
Tabla 15. Áreas verdes muestreadas en Victoria de Durango	61
Tabla 16. Características de los Antrosoles y Tecnosoles	64
Tabla 17. Textura de los parques de la ciudad de Durango	67

Tabla 18. Densidad aparente, real y espacio poroso de los parques de la ciudad de Durango	68
Tabla 19. Capacidad de campo y humedad por parque en la ciudad de Durango	70
Tabla 20. Punto de marchitez y capacidad de retención de agua disponible de parques de la ciudad de Durango	70
Tabla 21. Balance hídrico y distribución de los poros.....	71
Tabla 22. Color del suelo en parques de la ciudad de Durango	73
Tabla 23. pH del suelo de los parques de la ciudad de Durango	75
Tabla 24. Conductividad del suelo	76
Tabla 25. Temperatura y humedad relativa por área verde en parques de la ciudad de Durango	77
Tabla 26. Nivel de radiación solar por área verde en parques de la ciudad de Durango	79
Tabla 27. Niveles máximos de audio permisibles por uso de suelo	83
Tabla 28. Nivel de ruido de las áreas verdes	83
Tabla 29. Superficie permeable de las áreas verdes en parques de la ciudad de Durango ..	86
Tabla 32. Lista de especies amenazadas dentro de la NOM-059 y su estatus en la lista de IUCN.....	126
Tabla 33. Listado de especies de la lista IUCN.....	128
Tabla 34. Lista de mamíferos bajo protección	129
Tabla 35. Lista de reptiles bajo protección	129
Tabla 36. Lista de aves bajo protección	132
Tabla 37. Lista de anfibios bajo protección	135
Tabla 38. Lista de artrópodos bajo protección	136
Tabla 39. Temperatura superficial del inmobiliario urbano de las áreas verdes por absorción de la radiación.....	150
Tabla 40. Número de individuos por especie y por área verde	156
Tabla 41. Abundancia y riqueza específica del parque Lucio Cabañas.....	159
Tabla 42. Abundancia y riqueza específica del parque Juan Lira	159
Tabla 43. Abundancia y riqueza específica del parque Granja Graciela	160
Tabla 44. Abundancia y riqueza específica del parque Silvestre Revueltas	160

Tabla 45. Abundancia y riqueza específica del parque Insurgentes	160
Tabla 46. Abundancia y riqueza específica del parque Burócrata.....	161
Tabla 47. Abundancia y riqueza específica del parque Jardín Juárez.....	161
Tabla 48. Abundancia y riqueza específica del parque Jardín Hidalgo	162
Tabla 49. Abundancia y riqueza específica del parque Las fuentes	162
Tabla 50. Abundancia y riqueza específica del parque Chulas fronteras	163
Tabla 51. Abundancia y riqueza específica del parque SAHOP	164
Tabla 52. Abundancia y riqueza específica del parque Jardines de Durango	164

RESUMEN

Las áreas verdes contribuyen al bienestar de la población en las ciudades. La infraestructura verde ha sido un complemento de las áreas verdes al implementar jardines de lluvia, presas filtrantes, pozos de infiltración, techos y muros verdes así como la implementación de pavimentos permeables. Estas estructuras permiten el aprovechamiento del agua. Dentro de esta línea, la presente tesis realiza una evaluación de la biodiversidad arbórea y del suelo con base en un análisis técnico de áreas verdes de la ciudad de Victoria de Durango.

Se ubicaron 12 áreas verdes (en diferentes colonias) dentro de la ciudad, en las cuales se evaluó la calidad de la vegetación y del suelo, esto con el fin debido a que el suelo es el recurso que proporciona soporte físico y químico a las plantas por lo que determinar su estado nos proporciona información para el mantenimiento de la cobertura vegetal. En los espacios seleccionados se tomaron datos dasométricos¹ de los árboles para estimar su estado de salud, la cobertura vegetal y los índices de diversidad; se colectaron muestras de suelo para la evaluación de sus parámetros físicos y químicos. Asimismo, se tomaron datos de temperatura, radiación solar y ruido para cada área como parte de un análisis exploratorio.

Los resultados de la estructura vegetal sugieren que los árboles se encuentran en etapas juveniles y están afectados como consecuencia del estrés hídrico y atmosférico. Las propiedades físicas del suelo demostraron que no tienen la calidad necesaria para cubrir las necesidades de la vegetación que yace sobre ellos, además de que no se cubren los requerimientos de la demanda hídrica que la mayoría de la vegetación necesita. Los índices de diversidad demuestran que hay especies cuya abundancia es mayor al 20 % por área seleccionada, con un promedio de 16 especies por área verde (mínimo de 7 y máximo de 40 especies). La cobertura de copa de las áreas verdes (32 % \pm 31 %) demuestra que la superficie vegetal efectiva de los espacios públicos no es suficiente para lograr los beneficios óptimos de la vegetación dentro de la colonia, además del déficit de $\text{m}^2 \text{ hab}^{-1}$ de vegetación reportados para la ciudad ($4.05 \text{ m}^2 \text{ hab}^{-1}$).

¹ La dasometría es la ciencia que estudia la medición, estimación de dimensiones y crecimiento de los árboles (Ugalde A, 1981; Cancino, 2006).

La pertinencia de que este tipo de indicadores se incorporen en la gestión de las áreas verdes se debe a que ha a pesar de los avances en las técnicas de: selección, mantenimiento y monitoreo de la vegetación urbana, los reglamentos como el de Victoria de Durango no se han actualizado. Este trabajo recomienda una actualización del reglamento de gestión que incluya el análisis de variables e indicadores ecológicos para implementar planes estratégicos de restauración vegetal y de infraestructura para que la vegetación perdure, también resulta importante la capacitación continua del personal a cargo del mantenimiento de los parques y la vinculación con los vecinos.

Palabras clave: espacio público, planeación urbana, calidad de vida, parques, gobernanza, gestión.



INTRODUCCIÓN

La dinámica de las ciudades tiene una influencia significativa en los ecosistemas a nivel local, regional y global; generan la degradación del hábitat, altera la composición de especies, vuelve disruptivos los sistemas hidrológicos, modifica el flujo de energía y el ciclo de los nutrientes, y tiene una fuerte contribución al cambio climático (Alberti *et al.*, 2003; Müller *et al.*, 2013).

Las ciudades que tenemos hoy surgieron a partir de las profundas transformaciones del siglo XIX (revolución industrial, aumento demográfico, infraestructuras higiénico-sanitarias, mejoras en alimentación, mejoras de las comunicaciones). Los asentamientos previos han adquirido una fisonomía que no se imaginaba en otros tiempos (Duch, 2015; 377). En el siglo XVIII solo el 2% de la población vivía en ciudades; en 1950, el porcentaje aumentó a 30 %; en 2014 se reportó un 54 % de la población mundial residiendo en áreas urbanas; y se prevé que para 2050 esta cifra llegará al 66 % (ONU, 2014; Duch, 2015, pág. 380).

La ONU (2014) reportó que Asia alberga el 53 % de la población urbana mundial, seguida por Europa y América Latina y el Caribe con 14 % y 13 %, respectivamente. En 1990 había 10 ciudades (megaciudades) con una aglomeración mayor a un millón de personas y para el 2014 la cifra aumentó a 28, cada una con más de 10 millones de habitantes (Duch, 2015). Ante el hecho ineludible de que la población urbana seguirá en aumento, la ONU afirmó que vivimos en una «era urbana», la cual tiene un sentido distinto al que se tenía anteriormente (ONU, 2014).

Generalmente, la urbanización modifica los hábitats nativos y crea nuevos con infraestructura externa, estos cambios hacen que la urbe favorezca a las especies exóticas sobre las nativas (Müller *et al.*, 2013). La creación de sistemas semi-naturales alrededor de las urbes podrían representar una nueva manera de administrar la infraestructura verde en las ciudades. Cabe resaltar que la conexión y extensión de esta infraestructura y la biodiversidad son aspectos estratégicos de estos sistemas (Ziter, Graves y Turner, 2017).

Glaeser (2011) reconoce la ciudad como un control de la degradación ambiental, debido a que la aglomeración contamina menos con base en el gasto en infraestructura y



recursos, es decir, es más eficiente en el uso de los recursos. De modo que, a mayor densidad y menor extensión entre los edificios se gastan menos materiales para brindar los servicios básicos, a diferencia de las zonas conurbadas de la ciudad con grandes predios. Con base en esto, se dice que las ciudades son la forma de vivir más adecuadas para el ambiente, siempre y cuando se usen los recursos y residuos de manera óptima, ya que hay extremos donde una mala gestión de éstos y otros factores evidencia situaciones de contaminación alta.

El suelo es un elemento altamente valorado dentro de las ciudades como recurso finito. Se enfoca en la construcción y expansión física de la urbe (la cual no ha sido del todo regulada), sin embargo, los efectos ambientales sobre el recurso nmo han sido del todo dilucidados. La falta de planeación en algunas ciudades ha dado lugar a urbes fragmentadas con desequilibrios regionales, motivo que las ha vuelto vulnerables a perturbaciones del ambiente (Mohar, 2016; 41), tales como sismos (que pueden destrucción de la infraestructura), intensas precipitaciones (que pueden provocar inundaciones), entre otros.

Para hacer frente a la degradación ambiental urbana, se han incorporado conceptos como sustentabilidad urbana y se ha volteado a ver la biodiversidad. La sustentabilidad y biodiversidad urbana forman parte de los retos del urbanismo en el Siglo XXI (Hall, 1996), y el éxito de la conservación de espacios naturales dentro de la urbe serán resultados de una cooperación y coevolución entre la ecología y la sociedad (Voghera y La Riccia, 2019).

En este sentido, establecer una planeación urbana basada en ecosistemas requiere conocer las propiedades y aptitudes del sitio (geográficas, geológicas, hidrológicas, edafológicas, ecológicas) y basar en ellas la toma de decisiones para conservar espacios de interés ecológico dentro de la ciudad (Yu, 2020). Esta planeación va más allá de la belleza estética que provee la vegetación, ya que otorga otros beneficios a la población, los servicios ecosistémicos, entre ellos está: la creación de microclimas, que ayudan a mitigar el impacto ambiental y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos².

² Vinculado con las condiciones óptimas que se conjugan y determinan sensaciones de confort en lo biológico y psicosocial dentro del espacio donde el hombre habita y actúa, las mismas en el ámbito de la ciudad están íntimamente vinculadas a un determinado grado de satisfacción de unos servicios y a la percepción del espacio habitable como sano, seguro y grato visualmente (Rojas Benavides, 2011).



Lo anterior contrasta con la visión predominante de la gestión de áreas verdes, la cual no ha llegado a establecer espacios óptimos, debido a que no han sido planeados como una red de ecosistemas. Generalmente el flujo neto de los beneficios provenientes de los ecosistemas proviene de la vegetación de la periferia hacia las áreas urbanas, en vez de tener una fuente propia al interior de las ciudades. Aun si estos últimos no son los principales productores de servicios ecosistémicos, las actividades propiamente urbanas pueden alterar la provisión de este tipo de servicios a cualquier escala, desde adentro de la ciudad hacia espacios fuera de los bordes del territorio urbano (Torres y Cedeño, 2015).

Dentro de los beneficios que ofrece la presencia de la vegetación en las ciudades, se encuentra el bienestar de la población. Se ha comprobado que los habitantes que viven cerca de áreas verdes declaran haber sentido menos angustia mental y mayor satisfacción de vida que los que no viven cerca (Coreno, Villalpado y Mazón, 2010; Pfeiffer y Cloutier, 2016; BBC, 2013). Los parques urbanos también se relacionan con la salud de los habitantes a lo que respecta a calidad del aire y espacios para realizar actividades físicas y de recreación (Millennium Ecosystem Assessment, 2003; Alam, Dupras, & Messier, 2016; Pfeiffer & Cloutier, 2016).

Birch (citado en Rinde, 2020) afirma que tanto en momentos de pandemias - como la del COVID – 19 del 2020 -, como en condiciones normales, los parques no solo ayudan a mantener a la gente saludable, sino que también sirve como un espacio seguro de desbordamiento. Durante la pandemia ha destacado un aumento considerable de los visitantes a los parques de Filadelfia, lo que ha evidenciado que la ciudad no tiene el espacio público suficiente para atender a los vecinos, considerando que el contagio de COVID – 19 depende de la distancia entre las personas y no de vectores. Esto no quiere decir que sea necesario tener espacios enormes para mantener la distancia entre los visitantes, sino que se necesitan más espacios dentro de las colonias con diferentes usos y tamaños donde la gente pueda moverse y que éstos tengan senderos conectados, retomemos que Filadelfia es considerada la ciudad más verde de Estados Unidos (Rinde, 2020).

Lo esencial de la infraestructura verde es la integración del conocimiento para el **mejoramiento del espacio y la conservación de los ecosistemas**, mediante tecnologías nuevas y existentes, que en su conjunto brindan la solución a múltiples problemas

ambientales; es así que la infraestructura verde es más un quehacer de eficacia ambiental, en donde la integración del conocimiento científico y el diseño conforman las nuevas tecnologías (Suárez *et al.*, 2011).

Benedict y McMahon (2006; citado en Suárez *et al.*, 2011) mencionan que la infraestructura verde implica detectar **relaciones para analizar el territorio desde una visión integradora y holística, y en consecuencia proponer acciones de múltiples beneficios ambientales, sociales y de óptima inversión pública**. Adicionalmente y complementario a esta visión, tanto la ecología como la biología han reconocido por largo tiempo que la mejor forma de conservación de la diversidad biológica y los procesos ecológicos es evitar y contrarrestar la fragmentación de los hábitats (aspecto que no se obvia en la ciudad), creando y restaurando las conexiones y corredores biológicos. A su vez, la planeación de las áreas verdes requiere también de la evaluación de las características del suelo, ya que es necesario para mantener las condiciones óptimas de la vegetación que crecerá en él (Nowak, 1994).

La población de la ciudad Victoria de Durango³ tiene un acceso deficiente a las áreas verdes, ya que tiene 2.89 de área verde por habitante ($m^2 \text{ hab}^{-1}$) (Blancarte, 2016), además de que las áreas verdes se encuentran en abandono (por falta de riego, entre otras causas), debido a que, por sus características geográficas y climáticas, el recurso hídrico es limitado. Esto es un problema porque además cerca del 90 % de las especies son exóticas y no están adaptadas al régimen hídrico del lugar, por lo que entra en competencia con la demanda poblacional (Blancarte, 2016). Con base en los planteamientos generales y tomando el caso de la ciudad de Durango, **el objetivo principal de esta investigación** es elaborar una evaluación ecológica de la diversidad y del suelo a través de un análisis técnico exploratorio para algunas áreas verdes de la ciudad de Durango, para proponer modificaciones al reglamento y dilucidar la importancia de ello.

Los objetivos particulares son: a) Evaluar la cobertura arbórea y el estado de la vegetación arbórea de los parques seleccionados de la ciudad de Durango; b) Analizar las propiedades físicas y químicas del suelo de dichas áreas.

³ En adelante se mencionará como ciudad de Durango.



La vegetación es un recurso con muchas cualidades *per se* y dentro de las ciudades nos brinda servicios muy valiosos que se suelen perder de vista a la falta de contacto con la naturaleza, sobre todo en un recurso como el suelo (Cotler, y otros, 2007), sin embargo, el uso y mantenimiento no adecuado de estos espacios genera ámbitos no favorables. Los beneficios dependen del tipo de vegetación y parte importante del mantenimiento de la vegetación urbana, es el suelo. Las plantas necesitan del suelo, este recurso les proporciona un soporte de anclaje y estructura además de nutrientes. Así el suelo les proporciona una estructura con soporte físico e hídrico. El objetivo de hacer una evaluación de los parámetros físicos y químicos del suelo en esta investigación es evidenciar la necesidad de análisis físicos para hacer un diagnóstico de las áreas verdes e intervenir de manera adecuada para lograr tenerlas en buenas condiciones y que persista en el tiempo de manera saludable.

Este trabajo se organiza de la siguiente manera: en el primer capítulo se establecen los conceptos del urbanismo que se enlazan con temas de ecología, definiendo el aporte en los temas de las áreas verdes urbanas y la gestión de estos espacios. En el segundo capítulo se describe el área de estudio a partir de sus condiciones fisiográficas y naturales, así como las características socioeconómicas de la población. Finalmente, el tercer capítulo describe la evaluación de los parámetros físicos de las áreas verdes seleccionadas. El análisis de los parámetros se concentra en las características físicas y químicas del suelo, variables climáticas de los parques y la diversidad de la infraestructura arbórea de las áreas verdes. Por último, se encuentra la discusión y conclusiones, así como algunas recomendaciones derivadas de este estudio.



CAPÍTULO I. ECOLOGÍA URBANA

La transformación de la Tierra debido a los organismos que viven en ella es un proceso natural, y los humanos no son la excepción. Parte de la transformación comenzó con la agricultura, esta actividad produjo los primeros cambios e impactos sobre el recurso del suelo permitiendo el establecimiento de los asentamientos humanos y el crecimiento de las poblaciones, el cual se aceleró con el avance tecnológico (Berry, 2008; Duch, 2015). Dicho aumento de la población en las ciudades trajo consigo otros cambios significativos, como: la concentración de contaminantes, el aumento de radiación solar, la precipitación, la temperatura y, la humedad relativa, entre otros componentes (Berry, 2008; Parry, 2016; Ziter, Graves y Turner, 2017).

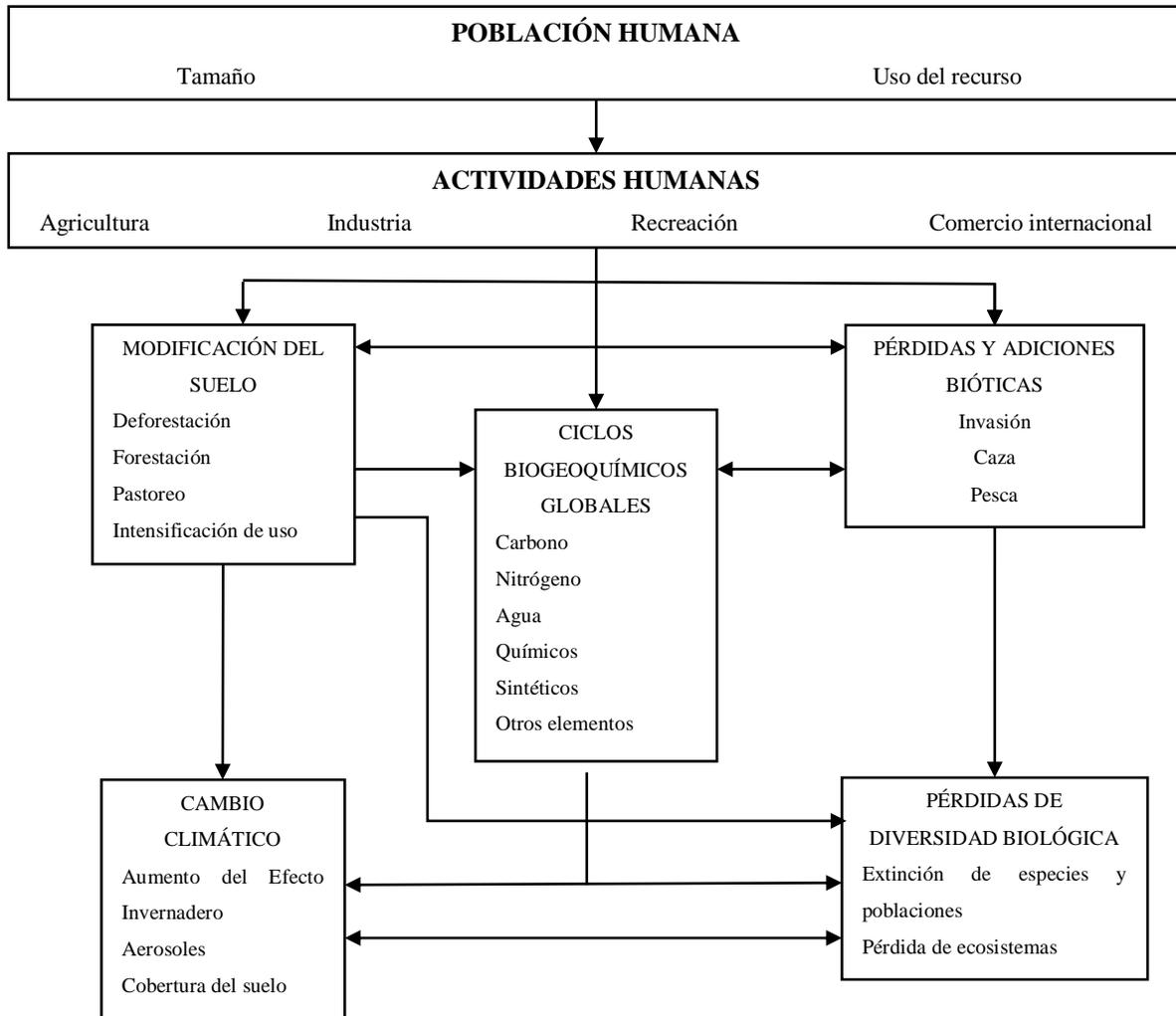
El aumento de la población humana y/o el aumento del consumo de la humanidad rompieron el equilibrio natural de los ecosistemas, desencadenando los problemas que hoy en día vemos acumulados en fenómenos como el efecto invernadero, el cambio climático y la pérdida de la biodiversidad (Bifani, 1997; Forman, 2014). Vitousek y otros (1997) mencionan que todos estos cambios están documentados y a su vez desencadenan otras alteraciones sinérgicas negativas en el funcionamiento del sistema de la tierra (Fig. 1). La Revolución Industrial y la apuesta por la producción en masa aumentaron la depredación de los recursos como materia prima, se generaron residuos como un nuevo tipo de «contaminación», lo que significó el nacimiento de problemas ambientales inéditos y el aceleramiento de otros (Bifani, 1997; Foladori y Pierri, 2005).

Se estima que la fracción transformada y/o degradada del suelo a nivel mundial se encuentra entre el 39 y 50 % (Marzluff *et al.*, 2008; Fig. 2). Relacionado con este cambio la lógica del mercado, los procesos políticos de dominación y las estrategias del poder del ecosistema global, subsumen a la sociedad local con principios que neutralizan la conciencia de los agentes sociales al considerarlos como sujetos iguales dentro del planeta, asumiendo que todos somos igualmente responsables por el deterioro ambiental (Castro, 2013).

Si bien las ciudades son construcciones humanas, estos espacios no tienen vinculación entre la ciudad y el ambiente, como su hábitat. La relación entre ambos aún no ha tenido un sentido de apropiación, lo que se refleja en los estudios de ecología de la vegetación realizados en la ciudad, los cuales consideran al humano como una perturbación del sistema

de áreas verdes en el sentido estricto y no como un integrante más del ecosistema, aunque sean espacios creados y planificados por él (McIntyre, Knowles - Yáñez y Hope, 2008).

Figura 1. Efectos directos e indirectos de la actividad de los humanos sobre la Tierra

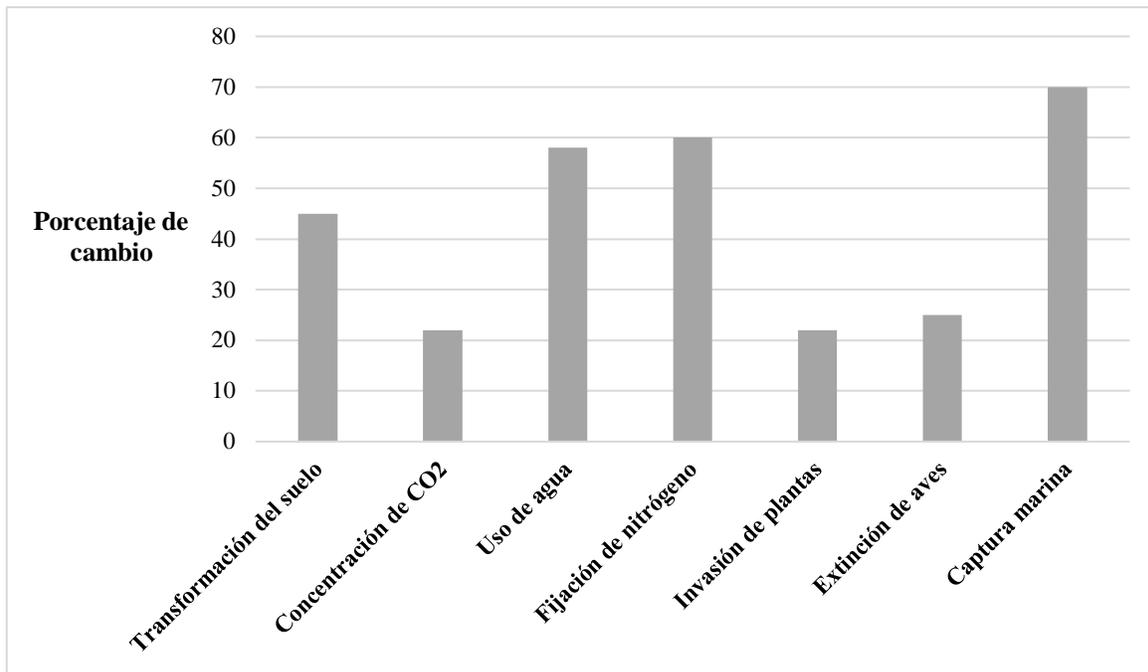


Fuente: Tomado de Vitousek et al.(1997: 494)

La preocupación por la mala calidad del ambiente de la ciudad y la necesidad de planear en función de mejorar la calidad de vida tienen origen con el británico Ebenezer Howard (1850 - 1928), bajo el concepto de «ciudad jardín» (Ardilla, 2003). El fundamento de esta propuesta reunía ideas de diversos autores y tenía como objetivo atender el crecimiento y la miseria de las urbes. El modelo planteaba que en esta ciudad se realizarán actividades agrícolas con la visión de una ciudad - campo; esta ciudad tendría grandes extensiones de áreas verdes, así la densidad estaría determinada y formaría parte de un

sistema más grande, descrita como ciudad social; una «ciudad planeada» (Hall, 1996). Sin embargo, esta ciudad «ideal» no estaba tomando en cuenta la proyección del crecimiento poblacional y del área urbana.

Figura 2. Dominio o alteración humana de varios de los principales componentes de los sistemas de la tierra⁴



Fuente: Elaboración propia con datos de Vitousek et al. (1997; 495) y Marzluff et al. (2008)

Marx y Huxley intentaron migrar la teoría de la evolución de Charles Darwin «El Origen de las Especies» (1859), a los aspectos sociales, sin éxito alguno. Hasta que pocos años después, Ernest Haeckel introdujo el concepto de ecología (1866). La Ecología es una ciencia natural que estudia la distribución, la abundancia y el comportamiento de los organismos, las interacciones entre cada uno y con el ambiente. El estudio de la ecología opera en distintas escalas; células, individuos, poblaciones, comunidades y ecosistemas (Parris, 2016). Gracias a esta disciplina los ecólogos lograron emparentar a los humanos con

⁴ El diagrama muestra amplitud de la actividad humana en porcentaje del total de diversos elementos (suelo, concentración de CO₂, uso de agua, fijación de nitrógeno, invasión de plantas, extinción de pájaros y pesquerías marinas). Las especies invasoras son aquellas especies exóticas capaces de sobrevivir y reproducirse en el medio silvestre afectando al ecosistema y a las especies nativas (CONABIO, 2020).

el resto de la naturaleza, pero los aspectos culturales y sociales no tenían relevancia alguna en este nivel de comparación (Bellamy, 2010; Lezama, 2014).

La «infraestructura verde» surgió como un intento de unificar las ciencias anteriores, entendida como una red de espacios verdes semi - naturales y con gran calidad, estratégicamente planeados que conserva las funciones naturales del ecosistema al mismo tiempo que provee de beneficios a la población (servicios ecosistémicos); entre ellos la protección de la biodiversidad local (Benedick y McMahon, 2006; European Commission, 2013).

Sin embargo la propuesta no cumple completamente con las especificaciones y los beneficios deseados para mitigar el cambio de uso de suelo. En los últimos años se ha apostado por la creación de espacios que funcionen realmente como una red verde dentro de las ciudades para mantener los beneficios que proporciona la vegetación (Benedick y McMahon, 2006).

Las ciudades son sistemas ecológicos creados por los humanos (Müller *et al.*, 2013), y hoy en día se pretende que las ciudades sean sistemas heterogéneos que vinculen a la sociedad y coexistan con el ambiente. Las estrategias de infraestructura verde buscan un balance entre los ámbitos ecológicos, sociales y económicos para que los sistemas naturales logren un uso más eficiente y sustentable del territorio en la escala local, urbana y regional (Suárez *et al.*, 2011). Comprender los cambios de la transformación del suelo requiere de una integración de las causas sociales, económicas y culturales, con una evaluación de su naturaleza biofísica y sus características para poder predecir el uso potencial y comparar con los cambios causados por los humanos.

1.1 FUNDAMENTOS DE ECOLOGÍA

Antes del análisis de los parques urbanos⁵ de la ciudad, se deben aclarar algunos conceptos para dar contexto al fenómeno que se está estudiando. La ecología es una ciencia que se encarga del estudio de las interacciones que ocurren en los ecosistemas; entre los organismos (factores bióticos) y el medio físico (factores abióticos), es decir, la respuesta de los organismos ante

⁵ Se entenderá como parque urbano a aquella área de uso público que preserva el equilibrio entre los ecosistemas urbanos y los elementos de la naturaleza constituidos por el municipio (Galván, 2009).



estímulos del ambiente. Los factores abióticos se pueden clasificar en: recursos (suelo, agua, espacio) y condiciones (salinidad, pH, temperatura, luz, humedad) (Galván, 2009).

Las interacciones que ocurren en el ecosistema pueden ser de competencia o cooperación entre individuos de una misma especie o de distintas con el fin biológico de sobrevivir y reproducirse (Schütz, 2015). Estas relaciones también son establecidas en las cadenas tróficas que representan dentro del ecosistema, cada individuo forma parte del equilibrio y juega un papel importante que no puede sustituirse (nicho ecológico), si este equilibrio se altera, hay consecuencias a nivel interno y externo de la cadena.

Simultáneamente a la ecología, nace la arquitectura del paisaje. Con base en la percepción de Frederick Law Olmstead, se entiende como una profesión que existe entre el arte y la ciencia, cuya principal razón de ser se encuentra en el ordenamiento a través de la planificación y el diseño del suelo (López de Juambelz, 2008). De la combinación de ambos intereses disciplinares surge la ecología del paisaje que, de acuerdo con la Asociación Internacional de Ecología del Paisaje (IALE, por sus siglas en inglés), se define como el estudio de la variación dentro y entre paisajes en diferentes escalas espacial y temporalmente (International Association for Landscape Ecology, 2019).

Con base en lo anterior, ambas disciplinas se diferencian en la percepción del ambiente en su estudio; para la ecología del paisaje el conocimiento de los procesos dinámicos tiene el fin de manejar adecuadamente los recursos para no agotarlos, mientras que para la arquitectura del paisaje, el diseño ecológico tiene un objetivo estético del entorno natural (López de Juambelz, 2008). Cada rama tiene un objeto de estudio de diferente escala, la biogeografía se establece como el primer nivel dentro de la ecología en un contexto general, asimismo, la descripción de los distintos objetos de estudio se especifica en la dinámica de relación con su entorno y con la superficie terrestre desde una visión integral a gran escala (Tabla 1).

Tabla 1. Ramas de la Ecología y nivel de estudio

Nivel	Rama disciplinar	Objeto de estudio
1	Biogeografía	La distribución de los organismos sobre la tierra así como las causas que determinan dicha distribución

2	Ecología del paisaje	Paisajes
3	Sinecología	Comunidades
4	Fitosociología	Poblaciones
5	Autoecología	Comunidades vegetales
6	Eco fisiología	Individuo y su relación con el entorno

Fuente: Elaboración propia con base en López de Juambelz, 2008

Las disciplinas con las cuales se relaciona más el análisis técnico del suelo y la vegetación de los parques son la autoecología y la ecofisiología. La autoecología tiene dos leyes claves en la dinámica de los ecosistemas: la *ley del mínimo* propuesta por Liebing (1840), enuncia que el rendimiento de un organismo será controlado por aquel recurso que sea menos abundante o por aquellas condiciones que sean más extremas; la *ley de tolerancia* propuesta por Shelford (1913) habla del óptimo ecológico donde se encuentran los organismos, pues hay un umbral de niveles mínimos y máximos permisibles. Finalmente, la ecofisiología se encarga de estudiar la respuesta de los organismos ante los factores fisicoquímicos del medio.

Newman y Jennings (2008) resaltan cinco características de los ecosistemas (Fig. 3):

1. La efectividad energética con base en los ciclos biogeoquímicos y la biodiversidad que ha surgido como producto de la coevolución.
2. El reciclaje de los «residuos» de cada nivel que es eficiente porque en la naturaleza no hay «basura».
3. La autorregulación se relaciona con el nicho ecológico de los individuos que mantienen las cadenas tróficas y la población.
4. La resiliencia se relaciona con la ley de tolerancia que es la posibilidad del sistema de autorregularse ante cambios extremos que pasen los límites de regulación.
5. La flexibilidad, es la última cualidad que mencionan porque es la que enlaza las anteriores al ser la capacidad de interacción de los individuos en los distintos niveles.

Figura 3. Características de los ecosistemas

1. Saludable (Efectivo)	<ul style="list-style-type: none"> • Energía: el proceso de la fotosíntesis • Nutrientes y ciclos biogeoquímicos • Biodiversidad y coevolución
2. Cero desperdicios	<ul style="list-style-type: none"> • En la naturaleza no hay basura, los desechos fecales y otros son reincorporados por otros organismos al sistema
3. Autorregulación	<ul style="list-style-type: none"> • La regulación del sistema influye en el control de las poblaciones de las especies, manteniendo un equilibrio en las cadenas tróficas
4. Resiliente y autorenovable	<ul style="list-style-type: none"> • En caso de riesgo el sistema tiene la capacidad de reponerse en un tiempo considerable • Memoria
5. Flexible	<ul style="list-style-type: none"> • Se refiere las redes de relación que tienen los organismos del ecosistema

Fuente: Elaboración propia con base en Newman y Jennings, (2008)

Sin embargo, a diferencia de estas disciplinas el presente estudio tiene como objeto de análisis las causas y consecuencias de la heterogeneidad de diversidad biológica y sus características biofísicas.

1.1.1 Ecología y parques

Replantear la planeación de los sistemas de áreas verdes (sistemas socio-ecológicos) para hacerlos eficientes, es decir, con los beneficios de los ecosistemas (sistemas naturales) cuestiona la intervención que los humanos han realizado en el diseño de los mismos. Torres y Cedeño (2015) clasifican las diferencias de funcionamiento entre los ecosistemas y los sistemas socio-ecológicos (Tabla 2). Identificar estas características nos ayudan a dilucidar la función de los ecosistemas y cómo se ha interferido en la creación y cuidado de los sistemas. Evidenciar las disputas y estrategias que se han desarrollado en ambos favorecerá la toma de decisiones para seleccionar de mejor manera los elementos del espacio: vegetación, diseño y equipamiento, en conjunto con la participación de la comunidad con el fin de tener sistemas socio-ecológicos que perduren y generen servicios ecosistémicos en la urbe.

Tabla 2. Diferencias entre ecosistemas y sistemas socio - ecológicos

	Ecosistemas y su comunidad ecológica		Sistemas socio-ecológicos y acción humana
Proceso originario	Autopoyético y auto-organizado (surgimiento)		Construcción histórica (gestación)
Determinación	Biológica	Ecológico	Ecológica y social
Condicionamiento	Geofísico		Ecológico e histórico
Flujos	Materia, energía, información		Materia, energía, información, producción simbólica y subjetividad materializada
Teleología	Perdurar y reproducirse		Satisfacción de deseos
Disputas	Luchas por el usufructo de recursos bióticos, abióticos y por el éxito del proceso evolutivo		Luchas y conflictos por la apropiación y usufructo de recursos biótico, abióticos y de los productos simbólicos y de la subjetividad materializada
Dispositivos y estrategias usados en las disputas	Resultado del proceso evolutivo		Resultados de la producción simbólica (sentido común) y de la materialización de la subjetividad (armas, instituciones, tecnologías)
Características y magnitud de la disputa	Uso de fuerza física en luchas cuerpo a cuerpo/acciones biológicas de influencia local		Violencia (física y simbólica) desde lo intersubjetivo al genocidio. Amplitud geográfica desde lo local a lo global

Fuente: Tomado de (Torres y Cedeño, 2015)

Con base en la tabla 2, la presente investigación constituye una base para migrar las áreas verdes en las ciudades a ecosistemas socio – ecológicos a través de una exploración biológica. Los conflictos urbanos sintetizan la intersección de numerosos problemas estructurales y sociales de base histórica, por lo que caracterizarlos ayuda a entender mejor la organización, la estructura y la dinámica territorial urbana. Así, la capacidad de interpretar correctamente los conflictos urbanos, en especial los de base socio – ecológica, es

fundamental para poder formular políticas públicas integradas y efectivas en la intersección de la sociedad con el ambiente; de ejecutar en forma solidaria acciones proactivas capaces de proteger a individuos y colectivos vulnerables, promover la salud y extender la justicia social en las ciudades (Schütz, 2015).

De acuerdo a Hall (1996) la preocupación de la gente, el siglo pasado se basaba en su trabajo y su sueldo, su primera prioridad era defender la calidad de su entorno, incluyendo también el deseo de cuidar el medio ambiente: cómo reducir la contaminación y evitar el consumo de fuentes de riqueza que no pueden renovarse, además de no dañar el planeta con acciones que pudieran ser irreversibles; sin embargo, muchas veces estos buenos propósitos se utilizaron en beneficio propio (Hall, 1996; Glaeser, 2011).

La importancia por el ambiente la tenido una percepción creciente, Castro (2013) define estos sistemas como aquellos donde:

“...Se entretujan los ecosistemas biogeofísicos con las prácticas sociales. Donde se pueden cambiar las formas de hacer ciudad, respetando la otredad del ambiente hasta ahora negado y en la que participarían actores colectivos culturales, saberes ambientales diversos dialogantes, creando y recreando múltiples y diversas soluciones”.

El modelo económico y político actual es consumidor y depredador de la vida humana y natural. Cambiar esta distinción del ambiente urbano depende de las políticas públicas en materia de desarrollo urbano – ambiental y de los instrumentos de planeación, diseño y materialización los cuales pueden orientar hacia otra forma de vida urbana, más humana y equitativa y ambientalmente adecuada (Castro, 2013).

1.2 LAS ÁREAS VERDES EN LAS CIUDADES

Las áreas verdes se expandieron como resultado de la influencia que tuvo la *ciudad jardín* durante el periodo entre la primera y segunda guerra mundial, lo que llevó a Barry Parker a introducir tres principios de planificación norteamericanos (de su visita a Nueva York en 1925): a) la unidad vecinal, b) adopción de la trama de Radburn, y c) carretera de parque o vía arbolada dentro del parque (*parkway*) (Hall, 1996). En Nueva York, el primer camellón fue el *Bronx River parkway* en 1914, y los *parques recreo* de Robert Moses en 1920 (Hall,

1996). Aunque los árboles ya eran considerados elementos de la estructura urbana desde el siglo XVIII (Meza, 2015).

Barry Parker combinó este tipo de vías creadas por Frederick Law Olmsted. Parker (1932, pág. 60) comentó que estos lugares se pensaron en Wythenshawe como:

“...un límite de los parques ya existentes, futuras zonas de recreo, campos de juego de las escuelas, bosques, zonas de matorrales y monte, campos de golf, márgenes de ríos y cualquier espacio que nos permita aumentar su atractivo y nos dé la posibilidad de prolongarlas hacia el campo donde no haya edificaciones”.

Entre 1915 y 1938, la interacción del crecimiento poblacional, la actividad industrial y la diversidad étnica de las ciudades, dio como resultado situaciones de crimen, violencia, corrupción y pobreza; descritas como la «nueva forma» de existir de la ciudad (Lezama, 2014). Derivado de estos problemas del siglo XX, las propuestas de principios higienistas desarrollaron proyectos con calles ortogonales, gloriets para regular la circulación, el abasto de agua potable, desalojo de aguas negras y estableciendo las plazas, parques y jardines (Castro, 2013). Los parques y los cinturones verdes aumentaron la expectativa de la *ciudad jardín* de Howard (Glaeser, 2011). La diversidad de arreglos sociales produce diferentes maneras de percibir y vivir la naturaleza, dicha relación es, y depende, en parte, de cómo es intervenida y percibida por los humanos (Lezama, 2014).

Todas estas modificaciones de las prácticas humanas de mediados de siglo XX como proceso de industrialización y crecimiento económico (Bellamy y Clark, 2018) trajeron a la luz la preocupación por el impacto ambiental. A finales de siglo XX e inicios del XXI la planeación de las ciudades incorporó una visión integradora de sustentabilidad económica, ecológica y social (Flores - Xolocotzi y González - Guillén, 2010). La consideración de las ciudades en términos ambientales exige, entre otras cosas, comprender la unidad urbanismo-ambiente (Hough, 1998) y el territorio como un conjunto de interrelaciones ecológicas entre el sistema urbano y el no urbano, y a cada uno de éstos como subsistemas de otro mayor que involucra en ambos casos al soporte físico natural (Kurbán *et al.*, 2002).

El desarrollo de esta percepción del ambiente por la sociedad de la ciudad es definido por Castro (2013) como aquel donde:

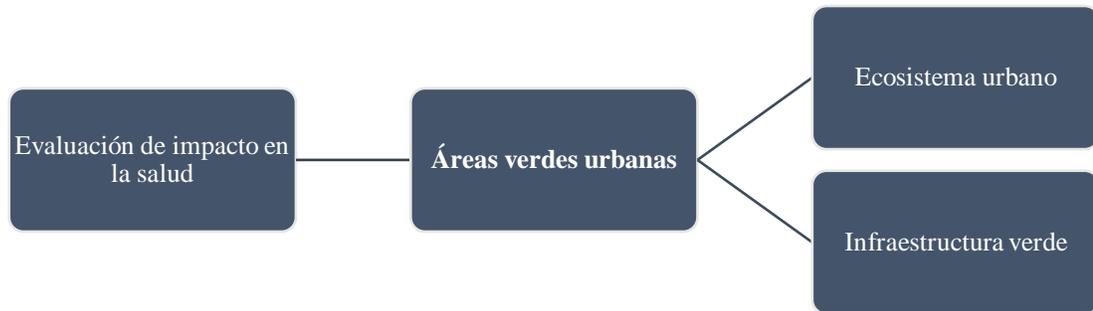
[...] se entretrejen los ecosistemas biogeofísicos con las prácticas sociales. Donde se pueden cambiar las formas de hacer ciudad, respetando la otredad del ambiente hasta ahora negado y en la que participarían actores colectivos culturales, saberes ambientales diversos dialogantes, creando y recreando múltiples y diversas soluciones.

Pese a la ambigüedad de la definición y a la multiplicidad de interpretaciones que ofrecen, son conceptos que empiezan a estar presentes en cada una de nuestras actividades (Batlle, 2011) pues los y las habitantes urbanos han comenzado a tener interés por la conservación y protección del ambiente. La naturaleza ha sido abordada de distintas maneras por diferentes disciplinas, desde el campo de la economía se clama por un manejo y asignación eficiente de los recursos naturales y en el área social aparecen nuevas perspectivas de inclusión ciudadana en la toma de decisiones gubernamentales, es así que hay factores que definen la calidad del ambiente y que exigen fuertes controles sociales, entre ellos el urbanismo, que unifica y domina el tema de las ciudades (Hall, 1996; Flores - Xolocotzi y González - Guillén, 2010).

La unión de conocimiento de las áreas verdes desde la ecología urbana, los servicios ecosistémicos y la sociedad, se reflejan en la salud de los habitantes como parte a la calidad de vida⁶ que da paso a una nueva visión integradora (Ojeda y Espejel, 2014; Fig. 4). Flores-Xolocotzi y González-Guillen (2010) hacen una revisión de los tipos de parques que han existido con base en su uso y su extensión (Tabla 3).

Figura 4. Integración de las áreas verdes en la ciudad

⁶ La calidad de vida es una noción plural que se ajusta a cada contexto y se constituye por múltiples factores inscriptos en diversas dimensiones temáticas de la realidad. Se comprende en tres dimensiones de bienestar: física, psicológica y social (Ardilla, 2003). Esta calidad está determinada por: 1) las modalidades ponderadas de asociación entre las necesidades objetivas y las demandas subjetivas específicas de la vida urbana, 2) las potencialidades, condiciones y niveles relativos de accesibilidad a la satisfacción de las mismas (Rojas, 2011; Ávila, 2017).



Fuente: Ojeda y Espejel (2014)

Tabla 3. Tipos de parques

Tipo de parque	Uso y beneficiarios	Área
Jardines placenteros (1850-1900)	Fomento de salud pública. Clase media	Más de 400 ha
Parques de la Reforma (1900-1930)	Incorporan recreación para niños, inmigrantes y clase trabajadora	En áreas pequeñas (manzanas)
Mobiliario recreativo (1930-1965)	Servicios recreativos especialmente para familias suburbanas	Parques pequeños a medios
Sistemas de espacio abierto (1965-?)	Contener disturbios sociales. Dirigido especialmente a trabajadores, jóvenes en condición de pobreza y clase media.	Tamaño variado, frecuentemente pequeños.
Parque sustentable (1990-presente)	Su meta es cubrir una amplia gama de gustos y preferencias recreativas Fomentan salud humana y equilibrio ecológico	Tamaño variado

Fuente: Flores-Xolocotzi y González-Guillen (2010)

Asimismo, para la planeación y el diseño se demanda la definición de indicadores y la elaboración y aplicación de una clasificación en categorías y subcategorías. Dicha clasificación puede ser propia de la ciudad o región metropolitana con base en las características sociales, ambientales y económicas de cada urbe (Flores - Xolocotzi y González - Guillén, 2010). La Unión Europea definió el diseño y la administración de la red

de áreas naturales o semi-naturales para obtener una amplia gama de servicios ecosistémicos en el territorio (European Commission, 2013), aunque ya se han tocado estos temas desde el siglo anterior, aún no se han podido concretar espacialmente en todas las ciudades.

1.2.1 El papel de los parques como infraestructura pública

Existe una relación histórica entre ciudad y espacio público⁷ que permite identificar cambios en el tiempo, es decir, que el espacio público precedió a la ciudad y fue el punto de partida para su nacimiento. Estos espacios comenzaron a materializarse y modificarse en los procesos de socialización de los humanos y la especialización progresiva del trabajo a lo largo de la historia (Pascual y Peña, 2012; Carrión M., 2016). El término *ciudad* tiene orígenes en latín y griego con significados diferentes, hoy en día no hay una sola definición y varían, entre otras cosas según la raíz que se utilice, entre otras. El significado que deriva de *civis* (latín, *civitas*) la describe como el lugar de la concurrencia conjunta y en el sometimiento a las mismas leyes. Mientras que el derivado de *polis* (griego, *polites*) se refiere al ciudadano. En conclusión, el primer término alude a la ciudad como sitio y el segundo a los ciudadanos que lo habitan (Cacciari, 2010).

Glaeser (2011) identifica la ciudad como aquella donde la distancia física entre las personas se disminuye o ausenta, lo cual supone que está determinada por la cantidad de personas presentes en un espacio definido; mejor conocido como densidad poblacional, además de la oferta de los servicios públicos (Blanco, 2018). Sin embargo, esta densidad no tiene una cifra específica para definir qué es una ciudad, los límites han sido planteados por diferentes instituciones sin una coincidencia entre ellos, e incluso hay distintos valores por país.

La ciudad se considera espacio público en toda su dimensión, esta cualidad es inherente a la concepción misma de la ciudad y de los ciudadanos (Pascual y Peña, 2012). Cabe mencionar que ambos conceptos se consideran polisémicos y aun así ninguno de estos puede existir sin el otro (Borja, 2003). En México, la Secretaría de Desarrollo Social (2012) lo describe como un atributo de la ciudad considerando el espacio que se apropia del medio

⁷ Al ser un concepto polisémico solo se tomarán las definiciones pertinentes para el presente trabajo sin profundizar en la discusión del origen.

natural, además se transforma y se adapta para el desarrollo de las funciones propias de la vida comunitaria.

Los primeros espacios públicos estaban ligados a las plazas – parques que se relacionaban con el ornato y las vías vinculadas a la accesibilidad, pues en un contexto de globalización la migración rural a las ciudades, la expansión y la industrialización los dejaron como un tema menor, dejando que la ciudad se rigiera por el peso del mercado y no por las políticas públicas (Carrión, 2016). Hoy en día se busca que la ciudad sea un hecho colectivo, un lugar por excelencia de intercambio y encuentro de sus ciudadanos y visitantes, particularmente en sus espacios públicos (Pascual y Peña, 2012). Los espacios públicos deben ser los lugares donde los ciudadanos pueden (o debieran) sentirse como tales, libres e iguales (Borja, 2011).

Borja (2011) describe el espacio público como:

“... el lugar donde se construye la memoria colectiva y se manifiestan las identidades múltiples y las fusiones en proceso. El espacio público democrático es un espacio expresivo, significativo, polivalente, accesible, evolutivo. Es un espacio que relaciona a las personas y que ordena las construcciones, un espacio que marca a la vez el perfil propio de los barrios o zonas urbanas y la continuidad de las distintas partes de la ciudad. Este espacio es el que hoy está en crisis. Y su decadencia pone en cuestión la posibilidad de ejercer el «derecho a la ciudad»”.

Los espacios públicos bien diseñados y administrados son un activo fundamental para una ciudad ya que tienen un impacto positivo en su economía. Es por ello que la inversión en estos espacios contribuye a mejorar la salud y el bienestar de sus habitantes, reduce el impacto del cambio climático, incentiva a las personas a caminar o usar la bicicleta, aumenta la seguridad y disminuye el temor a la delincuencia (ONU HÁBITAT, 2018).

Es, por ende, el lugar más adecuado para la recreación, la interacción y la convivencia social sana, y el regulador de las condiciones ambientales del entorno urbano cuando se establece como área verde, así estos contribuyen significativamente hacia tres esferas de la sustentabilidad urbana: social, ambiental y económico. La primera integra a la ciudadanía aportando cualidades importantes de convivencia, identidad y de legibilidad en la imagen de las ciudades. La segunda esfera es el aporte ambiental, que contribuye en la conservación de



la flora y la fauna, provee hábitat para la fauna, recarga de acuíferos, aumento de la capacidad de retención de humedad de suelos, reducción de la erosión, absorbe el ruido, retiene partículas de polvo, y aporta belleza paisajística al entorno urbano mejorando la calidad ambiental. Finalmente, la tercera esfera expresa que los espacios abiertos contribuyen al aumento del valor de la propiedad, a su vez brinda empleos y bienes materiales. Es así que el espacio público define la calidad de la ciudad, porque indica el nivel que alcanza la calidad de vida y la ciudadanía de sus habitantes (Pascual y Peña, 2012; Duch, 2015; García-Polo, Castillo-Cabrera y Vega, 2016).

Actualmente muchos espacios públicos tienen estigma social, pues frecuentemente se les relaciona con la inseguridad (Carrión, 2016). Duch (2015) menciona que la calidad de estos espacios depende de la calidad de las relaciones humanas que se desarrollan en y sobre él. A este aspecto habría que sumarle, hoy en día, la calidad ambiental que proveen muchos de ellos. Es así que es deber de los habitantes valorar, defender y exigir el espacio público como la dimensión esencial de la ciudad, impedir que se especialice, sea excluyente o separador, reivindicar su calidad formal y material, ya que sin esto el espacio entra en crisis (Borja, 2011). La crisis de estos espacios se debe a la gestión y administración de recursos (públicos y privados) para su mantenimiento, el cual se manifiesta en: la ausencia, el abandono, la degradación, la privatización y la tendencia a la exclusión. Además de la pérdida de la solidaridad y de los valores ciudadanos que se ven superados por la segregación, el egoísmo y la exclusión (Borja, 2011).

El espacio público se produce como un proceso impulsado por las relaciones, prácticas, usos sociales y simbólicos inscritos en el espacio urbano, lo que ha generado diversas formas de vida pública y de pertenencia hacia los lugares que ocupa la gente. Los lugares más representativos suelen ser las calles y las plazas, ya que son lugares de trayectorias cotidianas (Ramírez y Pradilla, 2013) pero también incluyen a aquellas áreas con valor ambiental para las ciudades. Derivado de esto resulta fundamental una definición adecuada de políticas, estrategias y objetivos de desarrollo en el marco de una visión de largo plazo en la planificación de las interacciones y beneficios que brinda. La ausencia de un marco político, normativo y de gestión contundente causa dispersión y desorganización en las decisiones, falta de claridad en los procesos de evaluación de proyectos de espacio público frente a las necesidades de inversión.

Generalmente los problemas que el espacio público ha presentado se deben a un diseño inadecuado que no contempla las necesidades y las características del entorno social, subutilización de espacio y deterioro, falta de previsión en el costo real en las etapas del proyecto, mala selección de la vegetación (no se adecua con las condiciones climáticas y geográficas). La tensión en el espacio público de las grandes ciudades (Subirats, 2016) por la falta de provisión y accesibilidad del espacio público se hizo evidente al enfrentar la pandemia por COVID-19 en el 2020 (Chamas, 2020; Rinde, 2020). Los espacios públicos pasaron de ser sitios de recreación a zonas de alto contagio, debido a una distribución no homogénea en la ciudad y a la deficiente disponibilidad per cápita de espacios sumando al hacinamiento social.

1.2.2 Origen de los parques como infraestructura verde

de la Barrera, Reyes-Paecke, y Banzhaf (2016) describieron una lista de algunos elementos de infraestructura verde, en los que la naturaleza contribuye al rendimiento y a la resiliencia urbana. entre ellas, las áreas verdes escalas. La historia de esta infraestructura podría iniciar con el rey Enrique II (1552) quien fue el primero en ordenar la plantación sistemática de árboles en los caminos públicos (Batlle, 2011). Asimismo, las primeras plantaciones de alineación de las carreteras, canales, y vías públicas se dieron en Francia; donde las plantaciones de alineación resaltaban la presencia de las vías. La linealidad y la regularidad geométrica de las carreteras y los canales se convertían en un componente más del paisaje que ayudaban a estructurar la ciudad. Panames (2013) realizó una investigación en la Universidad de Exeter, Inglaterra, donde decía que vivir con jardines, parques o algún espacio verde en el área urbana suponía un beneficio en la calidad de vida y en el bienestar de las personas que vivían ahí.

Batlle (2011) describe diversos atributos del «jardín»:

El **jardín de la metrópoli** se cimienta sobre «los principios» que la evolución de los espacios libre ha modelado, desde los jardines primigenios a los parques urbanos; desde los primeros sistemas de parques hasta los complejos híbridos de paisaje y ciudad.

... se construye a partir de la utilización de unos materiales diversos que proceden de la agricultura, ecología, el arte y la arquitectura.

... pone valor a la matriz ecológica que subyace a cualquier geografía, compone un sistema de espacios libres que debe ser coherente con la nueva realidad de la ciudad, e incorpora todos los entornos con valor añadido que una gestión adecuada puede hacer compatibles.

Estas definiciones destacan distintos atributos de los «jardines metropolitanos», los parques constituyen una categoría de un sistema total de áreas verdes urbanas que comprende espacios públicos y privados. Los parques comenzaron a ser un hito social debido a que eran sede del ritual de cortejo en la colonia hoy en día han perdido su importancia pues en las ciudades se les ve como zonas inseguras y de vandalismo.

De acuerdo con Ojeda y Espejel (2015), la infraestructura verde debe tener una jerarquía equiparable a las construcciones y obras de desarrollo urbano como el edificio de oficinas, vivienda o vías para automóviles, dentro de la ciudad. Los árboles son un elemento especial del diseño urbano, ya que son seres vivos que cumplen un ciclo vital –nacem, crecen y mueren–; por lo que se debe aceptar su cuidado y renovación continua y permanente (igual que una ciudad dinámica y cambiante) (Meza, 2015). Estos elementos toman mayor importancia en regiones áridas, debido a que mantener espacios con vegetación inadecuada demanda un gran volumen de agua, el cual es un recurso escaso, y por tanto, contrario al bienestar ambiental de la ciudad. Asimismo, las áreas verdes incluyen lugares públicos (de libre acceso) y privados (acceso restringido), Salvador (2003; citado en Flores - Xolocotzi y González - Guillén, 2010), los enlista en 5 tipos:

1. Corredores verdes (árboles y pastizales): avenidas, calles, glorietas y vías de tren.
2. Espacios públicos: parques, jardines, plazas, deportivos y cementerios.
3. Espacios privados: jardines y azoteas verdes de residencias y edificios.
4. Viveros forestales, huertos, espacios agrícolas y terrenos baldíos con vegetación.
5. Cinturones verdes que rodean las ciudades como el Parque Nacional Cumbres del Ajusco en la Ciudad de México.

Con base en la clasificación anterior y para integrar los ámbitos social, económico y ambiental en el contexto de la planificación de las áreas verdes en las ciudades, Flores y

González (2010) establecen la siguiente tipología de parques como espacios públicos, donde se toma en cuenta la relación entre la superficie de las áreas verdes y el número de habitantes (Tabla 4). Población que se relaciona con el índice de área verde urbana (Urban Green Index, UGI); representada por m² de área verde disponibles por habitante). El UGI no es suficiente para evaluar las áreas verdes de la ciudad, pues no nos da información de la distribución, la accesibilidad, la tipología y la calidad, entre otras variables (de la Barrera, Reyes-Paecke, y Banzhaf, 2016).

Tabla 4. Tipología de parques en México

Tipología	Características	Meta social
Juegos infantiles	Áreas de juegos infantiles y de descanso. De 1 250 – 5 500 m ² .	Dirigido a niños en las localidades con 2 500 habitantes.
Jardín vecinal	Áreas de juegos infantiles y de descanso. De 2 500 – 10 000 m ² .	Dirigido a la población en general. En localidades mayores a 5, 000 habitantes.
Parque de barrio	Áreas de juegos infantiles, recreación diversa. De 11, 000 a 44, 000 m ² .	Dirigido a la población en general. En localidades mayores a 10, 000 habitantes.
Parque urbano	Actividades recreativas diversas, estacionamiento, otros servicios. De 9.1 a 728 ha.	Dirigido a la población en general. En localidades mayores a 50, 000 habitantes.

Fuente: Tomado de (Flores - Xolocotzi y González - Guillén, 2010)

Finalmente, se considera como áreas verdes aquellas sembradas con especies vegetales en parques, jardines, glorietas, camellones, áreas de donación por fraccionamientos, áreas peatonales adornadas con plantas, reservas ecológicas y otras de uso común vegetadas por árboles, arbustos, setos césped, vegetación leñosa y sarmentosa (Ayuntamiento del Municipio de Durango, 2006). Planificar la ejecución de los proyectos de áreas verdes así como su mantenimiento no debe atenderse por impulsos aislados o caprichos pasajeros, sino con una política continuada y con los presupuestos necesarios para poder llevarla a cabo (Meza, 2015).



1.3 SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

En 2005 la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (Millennium Ecosystem Assessment, MEA) estableció un programa para facilitar el acceso a la información científica a los tomadores de decisiones y tomar parte en estrategias fundamentadas en las políticas públicas para el beneficio de los ecosistemas y los humanos. El objetivo de la MEA era evaluar el estado de los ecosistemas y establecer la base para una mejor toma de decisiones así como capacitar al recurso humano para mantener sus ecosistemas con un manejo efectivo (Millennium Ecosystem Assessment, 2003). Los servicios ecosistémicos están relacionados con el estado de los ecosistemas y el grado de bienestar que proporciona al humano, estos están agrupados en 4 grandes grupos:

1. Servicios de soporte: son los necesarios para la producción de los demás servicios.
2. Servicios de suministro/provisión: son los productos consumibles que se obtienen de los ecosistemas.
3. Servicios de regulación: beneficios que se obtienen de la regulación de los procesos de los ecosistemas.
4. Servicios culturales: son los beneficios intangibles.

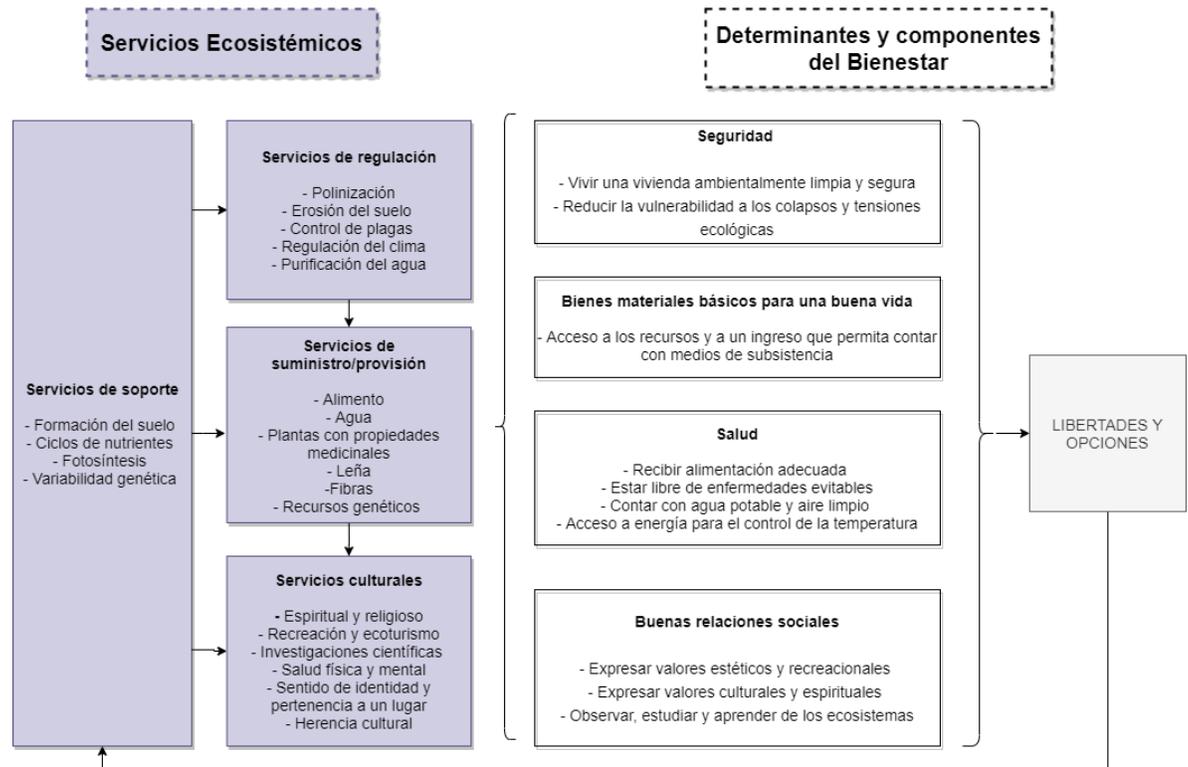
En la Figura 5, se observa que los cuatro tipos de servicios aportan algo a las cuatro categorías del bienestar descritas, estos servicios derivan en la libertad de elección del humano para mantener el ciclo con los servicios de soporte, es decir, la relación estrecha que tienen los ecosistemas hace que los cambios en las cadenas de interacción afecten a los demás servicios. Por ejemplo si queremos aumentar la producción de alimentos podemos transformar un bosque en suelo agrícola, sin embargo este cambio de uso de suelo significa una merma en otro tipo de servicios como: captura de agua potable, ecoturismo, regulación de inundaciones y control de sequías (MEA, 2003).

La condición de cada categoría de servicios de los ecosistemas se evalúa con mecanismos que presentan algunas diferencias; aunque, en general, una evaluación cabal de cualquier servicio exige tener en cuenta las existencias, los flujos y la resiliencia del mismo.

Las áreas verdes tienen muchos beneficios: contribuyen a mejorar la calidad del aire al capturar el polvo y las partículas de humo (principalmente del parque vehicular) y carbono (Jo y McPherson, 1995) en su superficie (ONU HÁBITAT, 2018; Grunewald, Xie, y Henry,

2018). Además, los árboles pueden influir en el grado de radiación solar, el movimiento y temperatura del aire, la humedad y proporcionan protección frente a lluvias intensas. La regulación de temperatura de la vegetación puede reducir el efecto de isla de calor en las zonas urbanas densamente pobladas (Jo y McPherson, 1995; Güngör y Polat, 2017; ONU HÁBITAT, 2018). Muchas veces las soluciones de diseño para zonas tropicales son copiadas de las regiones templadas lo que se refleja en una deficiencia a falta del beneficio (Castro, 2013).

Figura 5. Relación entre los servicios ecosistémicos y el bienestar



Fuente: Elaboración propia con base en MEA (2003)

Pareyón (2015) menciona que las áreas verdes centrales, extensas, y públicas deben tener suficiente mantenimiento e infraestructura mínima para ser altamente eficientes, no son solamente «pulmones urbanos» sino redes de auto-organización humana –por el tipo de convivencia social que generan–; espacios para la cultura y el conocimiento comunitario; y para la autorregulación de prácticas violentas y corruptas (Pareyón, 2015; Ellis y Schwartz, 2016; Pfeiffer y Cloutier, 2016; Güngör y Polat, 2017).



La existencia de áreas verdes también brinda servicios culturales, ya que la presencia de árboles y plantas hace que el ambiente urbano sea más placentero para vivir y trabajar, además de mejorar la conducta de los habitantes (Pfeiffer y Cloutier, 2016) En cuanto al ámbito de salud Nowak (1997), resalta que las áreas verdes son muy importantes debido a que tienen impactos positivos en la salud física ayudan a la disminución del estrés, mejoran enfermedades respiratorias y la salud, al contribuir a un ambiente estéticamente placentero y relajante, aspectos que se ven reflejados en la calidad de vida física de los habitantes (García y Sales, 2011; 167). Las áreas verdes son una solución simple y natural para reducir el estrés, la ansiedad y la depresión (Ecosfera, 2014; Rojas-Rueda, Nieuwenhuijsen *et al.*, 2019). Con base en lo anterior las áreas verdes y los árboles deben concebirse como parte de la infraestructura de la salud pública (EcoInventos, 2019).

Las áreas verdes conservan la biodiversidad, influyen en la salud de los habitantes, ofrecen experiencias naturales, son espacios de recreación e identidad cultural de la ciudad, aspectos que se ven reflejados en la calidad de vida, además proveen soluciones naturales a problemas propios de la ciudad como el tratamientos de aguas residuales y a la regulación de las inundaciones (Kabisch, Strohbach, Haase y Kronenberg, 2016). Muchos de estos beneficios se ven mermados al implementar las soluciones de diseño, lo que deriva en resultados de inadecuación en todos los órdenes (Castro, 2013). Incluso en los espacios donde se tienen actividades de ecoturismo, una mala gestión de la dinámica del sitio puede degradar el recurso del cual se obtiene beneficio.

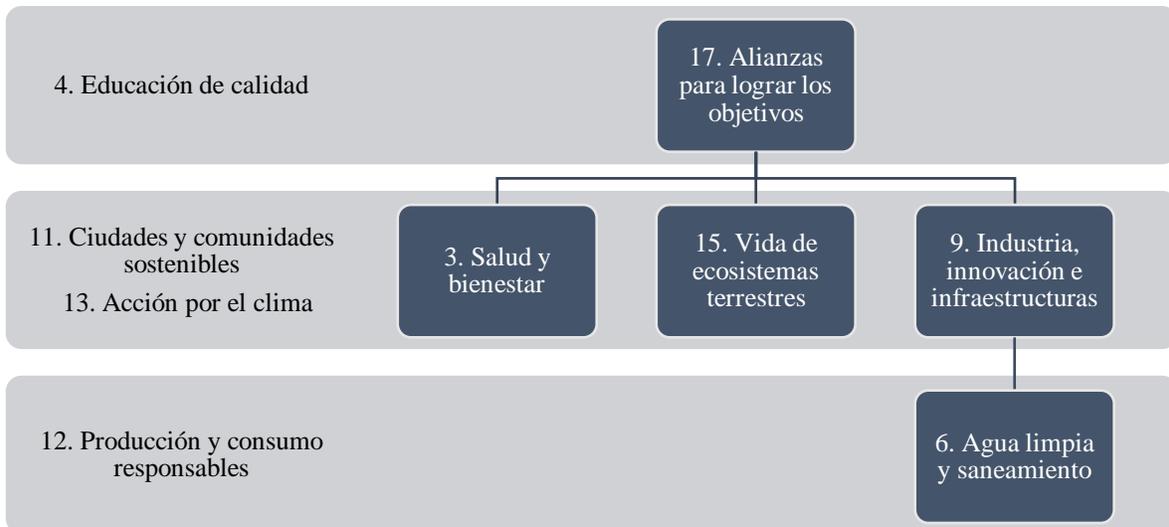
Cuando los espacios no están en condiciones óptimas, generan ámbitos de peligro, riesgo o amenaza. Una mala planeación en cuanto a la vegetación puede causar problemas diversos, como la generación de alergias en la población, que demanden demasiada agua para el sitio en el que se encuentra, que el crecimiento no sea el adecuado para el sitio de anclaje por lo que puede tener un riesgo de caída, o interferencia con la infraestructura urbana, una falta de mantenimiento también deriva en la propagación de plagas y árboles muertos con el riesgo inminente de caer, lo que genera un gran peligro para los habitantes. Dado que muchas veces, los árboles son de gran valor (cultural, histórico o estético), el uso de pesticidas para mantenerlos sanos, genera una gran contaminación al suelo, animales, e incluso a la sociedad.

Sin embargo, todo cambio tiene efectos en la dinámica de los ecosistemas y los más susceptibles son apreciados por la población de las zonas rurales a diferencia de la ciudad y a los pobres. El informe de la MEA (2005) menciona también los resultados de la evaluación y su relación con la toma de decisiones. Kofi Annan mencionó que es imposible elaborar una política ambiental efectiva sin que esté basada en información científica rigurosa (MEA, 2003)

1.3.1 La importancia de las áreas verdes desde los Objetivos de Desarrollo Sostenible

La importancia de las áreas verdes ha sido evaluada y descrita por diferentes organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS/WHO), el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), la Organización de las Naciones Unidas (ONU). De hecho, en los compromisos internacionales los parques son esenciales debido a que se relacionan con el aspecto físico de la calidad de vida de las personas incluso en el tema de la salud ya que la vegetación remueve contaminantes por medio de su superficie foliar y libera oxígeno como producto de la fotosíntesis. En los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) publicados en el 2015, los parques urbanos están relacionados con 9 de los 17 objetivos (Fig. 6).

Figura 6. Relación jerárquica de los ODS con el tema de tesis



Fuente: Elaboración propia con base en los ODS (2015)

En la figura 6 se establece una jerarquía de los ODS de tal manera que la base en el primer aspecto es la educación de calidad (4) que asegure una educación ambiental y conocimiento de los ODS, lo que da la base para lograr alianzas estratégicas y los objetivos (17), estos vínculos deben de ser inclusivos y priorizar al planeta y a la gente en todos los niveles (global, regional, nacional y local). El segundo nivel se encuentra comprendido dentro de dos objetivos: ciudades y comunidades sostenibles (11) y acción por el clima (13). Ambos establecen una relación íntima entre la sociedad y el ambiente, recordemos que el 81 % de la población de América Latina y el Caribe viven en las ciudades (ONU, 2018).

Asegurar la provisión de servicios básicos (energía, vivienda, transporte y oportunidades para todos) causa un fuerte impacto sobre los recursos naturales, los desequilibrios en el ambiente regresan a la población causando enfermedades. Hacer un uso y consumo racional de los recursos permitirá establecer mecanismos de control para la ciudad (Newman y Jennings, 2008). Dentro de las ciudades hay una correlación entre la contaminación atmosférica y las enfermedades respiratorias. Reducir y controlar las fuentes de emisión de contaminación no solo aumentará la calidad del ambiente, sino que mantendrá un equilibrio con el ambiente y contribuirá a que la temperatura a nivel global no siga aumentando. La meta en el objetivo 13 es no llegar a un aumento de 2 °C en la temperatura promedio a nivel mundial, pues no habrá remedio para mitigar el cambio climático. Hoy en día ya observamos consecuencias graves con el aumento de 0.85 °C que se dio en el periodo entre 1880 y 2012 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2015).

Dentro del marco anterior se insertan los objetivos 3, 15 y 9. Explícitamente una planeación adecuada de la Industria, innovación e infraestructura (9) derivará en un aprovechamiento eficaz de los recursos al igual que un diseño basado en las características fisiográficas y climáticas del sitio; la salud y bienestar (3) se verán afectados por el avance en la industria y la reducción de emisiones para que esta gestión adecuada de los recursos naturales afecte a la vida de ecosistemas terrestres (15). Finalmente, la producción y consumo responsable (12) engloba el último nivel, que se relaciona con el fomento del uso racional de los recursos y la energía (6) debido a la importancia que tiene el recurso para el sostén de las ciudades. Sin embargo, cabe destacar que la industria debe tener un control sobre el consumo y la producción, ya que son los que ofertan al mercado.

Otro de los compromisos internacionales es el contenido de la Nueva Agenda Urbana (NAU III, 2017), en este texto los parques se comprenden en el compromiso **37** de transformación en pro del desarrollo urbano:

«nos comprometemos a promover la creación de **espacios públicos seguros, inclusivos, accesibles, verdes y de calidad**, incluidas calles, aceras y carriles para ciclistas, plazas, paseos marítimos, jardines y parques, que sean zonas multifuncionales para la interacción social y la inclusión, la salud y el bienestar humanos, el intercambio económico y la expresión cultural, y el diálogo entre una amplia diversidad de personas y culturas, y que **estén diseñados y gestionados de manera tal que garanticen el desarrollo humano**, construyan sociedades pacíficas, inclusivas y participativas, y promuevan la convivencia, la conectividad y la inclusión social» (p. 15).

Se entiende que los parques forman parte de los compromisos que se relacionan con el espacio público (Fig. 7). Relacionando otros de los objetivos de la NAU III se suman otros compromisos; estos espacios además de verdes deben ser accesibles y de calidad, y deben fomentar el desarrollo social y económico (compromiso 53 de la NAU III). Aumentar la conectividad de estos espacios para aumentar la resiliencia de las ciudades frente al cambio climático y desastres como: las inundaciones, los **riesgos de sequía y las olas de calor**, a mejorar la seguridad alimentaria y la nutrición, la salud física y mental y la calidad del aire en los hogares y el ambiente, a **reducir el ruido** y promover ciudades, asentamientos

humanos y paisajes urbanos que sean atractivos y habitables, y a dar **prioridad a la conservación de especies endémicas** (compromisos 67 y 98).

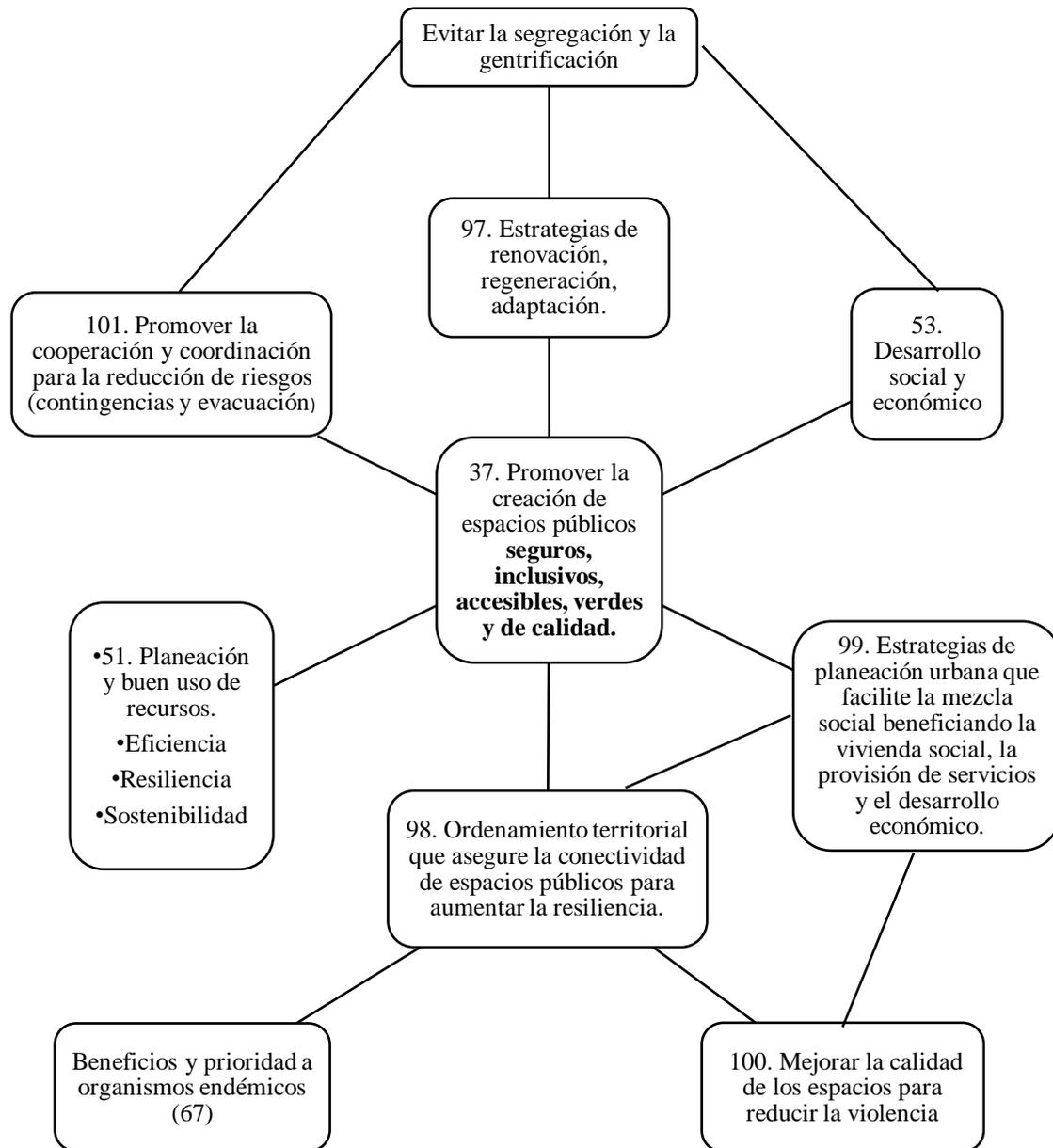
En el 2016 un estudio formó un indicador que incorpora el UGI como variable sumando la cobertura vegetal real y el coeficiente de inequidad -se basa en el coeficiente de Gini-. Este indicador es útil para ciudades con altas diferencias socio - espaciales, dado que explicita las áreas verdes privadas (de la Barrera, Reyes-Paecke, y Banzhaf, 2016).

Sumado a lo anterior la selección de la vegetación en las áreas verdes deben dar prioridad a las especies endémicas. Esto se retoma en el compromiso 51 para fomentar el desarrollo de los instrumentos de planificación y diseño urbano que apoyen: **el buen uso de los recursos naturales y de la tierra con el fin de aumentar la eficiencia del uso de los recursos; la resiliencia y la sostenibilidad**, el cual tienen relación con la presente tesis.

El ordenamiento territorial y urbano junto con la planeación se enuncia en los compromisos 98 y 99 uno con el fin de respetar la «vocación del suelo» y los recursos y el otro con la mezcla social beneficiando la vivienda social, la provisión de servicios y el desarrollo económico. Dicha planeación debe integrar las medidas de reducción del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático y la mitigación de sus efectos en el proceso, pues tendrán en cuenta la edad y el género, incluidas las emisiones de gases de efecto invernadero, el diseño de servicios e infraestructura, construcciones, edificios y espacios sobre la base de la resiliencia y la **eficacia desde el punto de vista climático, y soluciones basadas en la naturaleza**. Además, el 101 (NAU III) se compromete a:

Promoveremos la cooperación y la coordinación entre diferentes sectores y fomentaremos la capacidad de las autoridades locales para elaborar y aplicar planes de respuesta y reducción del riesgo de desastres, como por ejemplo evaluaciones de los riesgos relativos a la ubicación de las instalaciones públicas actuales y futuras, y para formular procedimientos adecuados de **contingencia** y evacuación. (p. 30).

Figura 7. Relación de los objetivos de la NAU III con la gestión de áreas verdes



Fuente: Elaboración propia con base en la NAU (2017)

1.4 EL ESPACIO PÚBLICO Y SU GESTIÓN

La producción de espacios públicos es parte de la planificación urbana, estos espacios se consideran parte del equipamiento urbano debido al potencial de generar en la población vínculos financieros y sociales para garantizar su consolidación física y su permanencia a



futuro, sin dejar de lado que la permanencia implica cambios dinámicos (Subirats, 2016). La ejecución, la administración y el mantenimiento de los espacios públicos impactan sobre la evolución de este proceso. La gestión y el financiamiento de estos espacios pueden ser públicos o mixtos, pueden gestionarse por medio de la participación ciudadana o por colectivos con políticas de integración. La gestión de espacios públicos comprende cuatro fases que incluyen: la planificación, la inversión propiamente vinculada al desarrollo de proyectos y a la ejecución de obras, la operación posterior de estas obras y la evaluación de resultados (Borja, 2003).

En España, el ayuntamiento de Sevilla (Bonells, 2003) comenta que los árboles son parte del urbanismo como componentes para crear lugares confortables que los ciudadanos harán suyos. Este vínculo se debe definir con un «proyecto vegetal» que integre cinco principios estratégicos: amplitud, biodiversidad, permanencia, durabilidad y economía. Estos puntos están basados en la biología de los árboles, es decir, con base en las características climáticas del sitio, función del espacio público y las características biológicas de los árboles podemos hacer una selección adecuada de los individuos a plantar. La selección apropiada de los árboles y la planeación deriva en tener espacios perdurables, en buen estado, y con retribución económica en el ahorro del mantenimiento.

Dentro del proceso, las decisiones iniciales de planificación son determinantes en el desempeño posterior de los proyectos. Subyace en la actualidad una fuerte necesidad de capacitar a los recursos humanos existentes y fortalecer, en particular, la organización institucional para la gestión urbana. En esta óptica, la entidad sectorial debe constituirse en un organizador y promotor, mediante una adecuada transferencia de información acerca de los programas urbanos, los procedimientos de inversión y los criterios técnicos necesarios para la elaboración de proyectos. Las debilidades en la gestión también se vinculan con la ausencia de uso de los recursos sociales del entorno, la integración de la comunidad social y la alternativa de incorporar inversión privada son factores de apoyo a la sustentabilidad económica y social del espacio público, con gran potencial.

Considerando además que la incorporación de aportes privados en los proyectos puede resultar en un pago por el acceso a este tipo de bienes, lo importante es que existan normas adecuadas que conduzcan a reducir al máximo los niveles de exclusión social. Para



producir una adecuada relación entre la oferta de espacios públicos y la demanda por estos bienes, es esencial la coordinación de las instituciones sectoriales con las entidades municipales encargadas del desarrollo local, y a su vez el asesoramiento a éstas en las diversas materias que se requiere estudiar en pos de obtener los resultados esperados y mejorar la calidad de las intervenciones.

Ambos se orientan a garantizar el uso social futuro de los espacios públicos y son cuestiones que deben plantearse desde la concepción de los mismos, lo cual implica considerar, para su planificación, desarrollo y operación, a los diversos actores en el marco de un modelo de gestión que incorpore aspectos técnicos, sociales y financieros. Cabe destacar que muchas veces la sociedad no hace uso eficiente de los parques urbanos a causa de los imaginarios urbanos que a veces representa (Borja, 2003). El derecho a un ambiente sano y la provisión de servicios como el espacio público se basa en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. El artículo 3 de la Constitución establece que:

Los planes y programas de estudio tendrán perspectiva de género y una orientación integral, por lo que se incluirá el conocimiento de las ciencias y humanidades: la enseñanza de las matemáticas, la lectoescritura, la literacidad, la historia, la geografía, el civismo, la filosofía, la tecnología, la innovación, las lenguas indígenas de nuestro país, las lenguas extranjeras, la educación física, el deporte, las artes, en especial la música, la promoción de estilos de vida saludables, la educación sexual y reproductiva y el cuidado al medio ambiente, entre otras. (p. 5)

Además, el Art. 4 explicita que toda persona tiene el derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar (p. 10) y el Art. 25 establece que el Estado podrá participar en el sector social y privado cuidando la conservación y el medio ambiente (p. 27), además de establecer lineamientos para su mantenimiento y gestión y en el Art. 115 menciona que los municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos a **los parques y jardines y su equipamiento** (p. 114).

El recién publicado Plan Nacional de Desarrollo 2019 – 2024 menciona una rehabilitación y/o mejoramiento de espacios públicos dentro del Programa de Mejoramiento Urbano y Vivienda, además de incentivar la actividad física de la población en espacios públicos. Sin embargo, no menciona las áreas verdes o el arbolado urbano como

contribuyentes a una mejor calidad de vida. Lo aborda como parte de la seguridad al aumentar el alumbrado público en estos sitios entre otros de uso común de niños y adolescentes. El Estado ha elaborado diferentes instrumentos de política ambiental y algunos preceptos para el desarrollo de los parques urbanos. Estos parques quedan a cargo de los municipios⁸ con base en la LEGEPA, el art 53 de la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano en la fracción IV dicta que deben existir áreas verdes de calidad en los centros de población.

En el caso de la captación de agua pluvial para el riego de jardines, se encargarán las dependencias de la Administración Pública Federal, el Poder Federal y el Poder Judicial de la Federación⁹; además de evitar rebasar la capacidad de carga de los ecosistemas para que el crecimiento urbano no invada áreas de recarga¹⁰. En el Plan Estatal de Desarrollo (2016 - 2022) se plantea implementar nuevas estrategias de movilidad urbana con andadores peatonales y parques lineales como parte de los servicios que brindan una calidad de vida, esto se basa en la preservación y restauración ecológica de los centros de población¹¹.

En el 2016, se publicó el Manual de lineamientos de diseño de Infraestructura Verde para los municipios mexicanos, en el cual se describen las técnicas de sistemas pasivos y activos para el aprovechamiento del recurso hídrico. Las técnicas dependen del tipo de suelo, menciona la utilización de cubre suelos para mantener la humedad del mismo, sin embargo, no especifica cómo se puede determinar el tipo de suelo de las áreas a intervenir, muchas veces las áreas verdes no se encuentran sobre suelos prístinos y algunos suelen colocarse sobre residuos de construcción.

La preservación del arbolado urbano depende de las políticas públicas de orientación, implementación y en todas las disposiciones medioambientales del servicio de parques y

⁸ Art 8. Fracción V. de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEPA).

⁹ Art 17 TER (LGEPA).

¹⁰ Art 4. Fracción VIX y Art 34 Fracción VII. Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (LGAHOTDU).

¹¹ Art 6. Fracción VII (LGAHOTDU).



jardines de cada municipio. Esto incluye a las políticas de regulación relacionadas a la contratación de arboricultores acreditados (Bonells, 2003).

El municipio como gestor de este patrimonio debe considerar que, para lograr la protección y conservación del arbolado de la ciudad, deberá desarrollar los programas profesionales de labores técnicas; disponer la capacitación del personal; realizar un mantenimiento continuo y permanente; promover el empleo de especies nativas sobre las exóticas; vigilar la selección adecuada de las especies por establecer; procurar disponer en sus viveros de amplia variedad de especies; supervisar que se realicen las prácticas de poda adecuadas a cada especie, con base en la ubicación y función para la que fue plantado el árbol; exigir la protección del arbolado de las agresiones constantes en las construcciones y obras de vía pública, tanto en su parte aérea como en el sistema radicular, y realizar riegos adecuados en cuanto a dosis, frecuencias y calidad del agua (Bonells, 2003; Meza, 2015).

Cualquier plan de gestión que se realice con rigor, debe partir del conocimiento del patrimonio arbóreo del que disponemos, para lo cual es requisito indispensable realizar un inventario total y permanente, cuyo contenido contemple la información necesaria para el manejo y mantenimiento del arbolado de la ciudad. Dicho inventario debe incorporar: la identificación de la especie, sus dimensiones, ubicación, estado fitosanitario y factores de daño; indicar las labores de mantenimiento que se le han aplicado hasta la fecha, grado de aplicación, y las que requiere. Además, se deberá realizar un seguimiento de los costos derivados de la aplicación de todas las labores de mantenimiento para generar un presupuesto adecuado a las necesidades de la ciudad e integrarlo en otra base de datos, para que sea más fácil generar un «verdadero programa de manejo del arbolado» (Meza, 2015).

Con la información recabada en estas bases de datos se podrían elaborar indicadores locales para que el municipio pueda tomar decisiones de planeación urbana y políticas públicas (Alam, Dupras, y Messier, 2016). Además, esta información puede escalarse para que se incorporen a decisiones de nivel estatal, regional y nacional. La gestión urbana está directamente relacionada con la salud, básicamente todos los problemas coinciden con la provisión adecuada y el acceso a la infraestructura básica. La contaminación del aire, calidad y acceso al sistema de aguas y alcantarillado, exposición a cancerígenos utilizados en materiales de la construcción, desigualdades económicas, inactividad física incluso el cambio



climático varían con la disponibilidad de la infraestructura (Chamas, 2020). Los parques que representan los espacios verdes urbanos desempeñan un papel importante que en el balance de los requerimientos de protección urbana contra la degradación del ambiente urbano al mantener la tasa de crecimiento urbano (Güngör y Polat, 2017).

CAPÍTULO II. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y POBLACIÓN

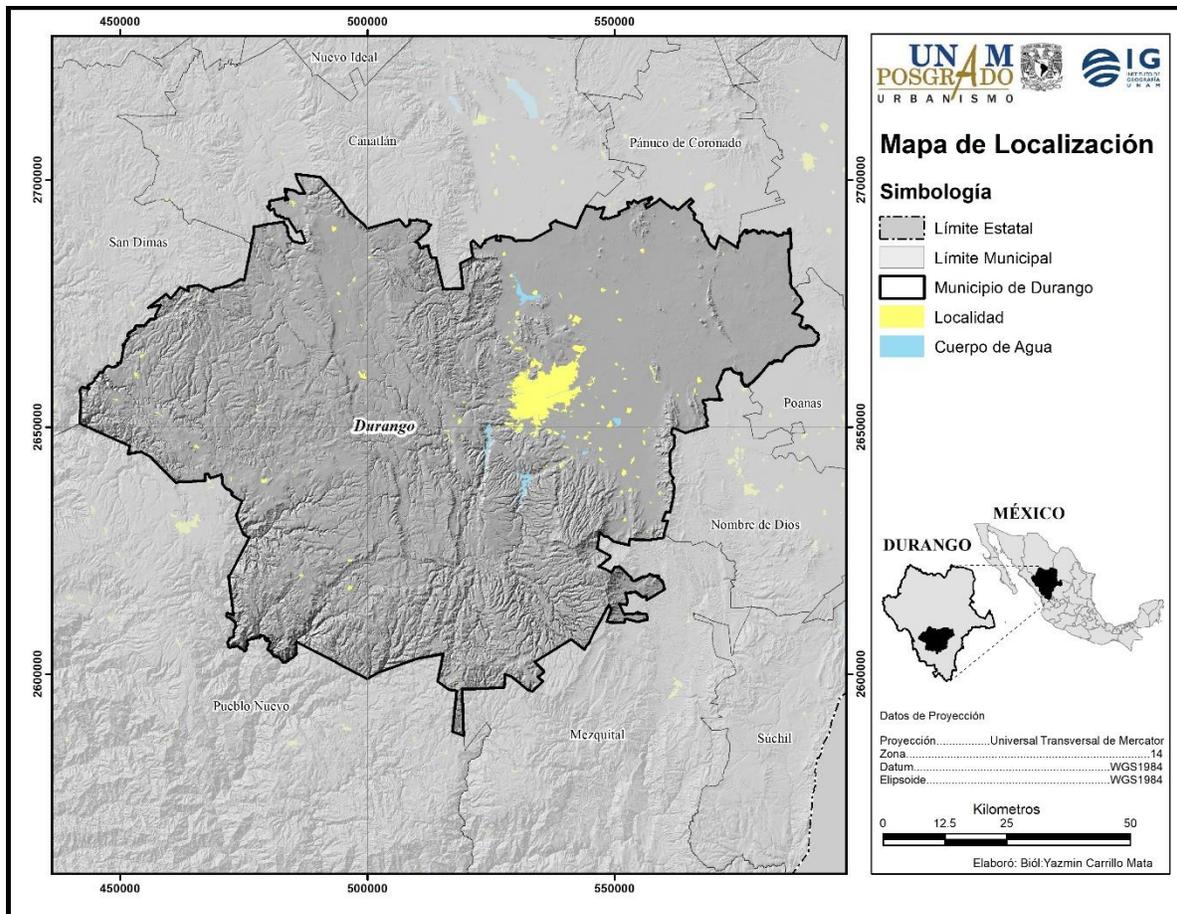
La ciudad Victoria de Durango tiene antecedentes de habitabilidad desde los años previos a la conquista. Sin embargo, la ciudad se consolidó gracias a la expedición realizada por Ginés Vázquez del Mercado quien buscaba yacimientos de plata en los alrededores del cerro, que a la postre se le denominó como Cerro del Mercado. En dicho cerro se encontró hierro. Fue hasta 1562 cuando se comisionó a Don Alonso de Pacheco para que trazara la Ciudad Villa de Guadiana, la cual fue fundada el 14 de abril de 1563. El 8 de julio del mismo año el Capitán Francisco de Ibarra ordenó cambiar el nombre por «Villa de Durango» fundando así el municipio (Phillips, 1994). Durango funcionó como provincia independiente hasta el 31 de enero de 1824 y fue decretado como estado en 1826 con el nombre de «Victoria de Durango» (Ayuntamiento de Durango, s.f.).

2.1 CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFICAS Y MEDIO FÍSICO NATURAL DE LA CIUDAD

2.1.1 Ubicación

La extensión territorial del estado corresponde a 123 451 Km², el equivalente al 6.2 % del territorio nacional (Ayuntamiento de Durango, 2016). El municipio de Victoria de Durango es la capital del estado y, se encuentra al centro sur del Estado de Durango (Mapa 1). Su extensión territorial es de 10 mil 41.6 kilómetros cuadrados, lo que representa el 8.29 % del área del Estado. Con una altitud que va desde los 1 100 – 3 200 m snm y una altitud promedio de 1 890 m snm (INEGI, 2017).

Mapa 1. Localización de Victoria de Durango, Durango



Fuente: Elaboración propia con base en el marco geoestadístico del INEGI (2019)

2.1.2 Características generales del suelo

La ciudad se encuentra entre la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental, tiene una topoforma de meseta. El municipio yace sobre roca ígnea extrusiva (Ayuntamiento del Municipio de Durango, 2016; INEGI, 2017). En varios sitios del municipio existe mineral no metálico (mármol y ónix) y los tipos de suelo predominantes son regosol y vertisol; frecuentemente son someros y pedregosos, son susceptibles a la erosión (INEGI, 2017).

La pendiente del terreno permite clasificar tres zonas para el desarrollo de la ciudad:

- 0 – 2 %. Problemas de escurrimiento y de drenaje.
- 2 – 5 %. Suelo apto para urbanización.
- 5 – 30 %. Suelo con problemas de desarrollo debido a la zona montañosa.

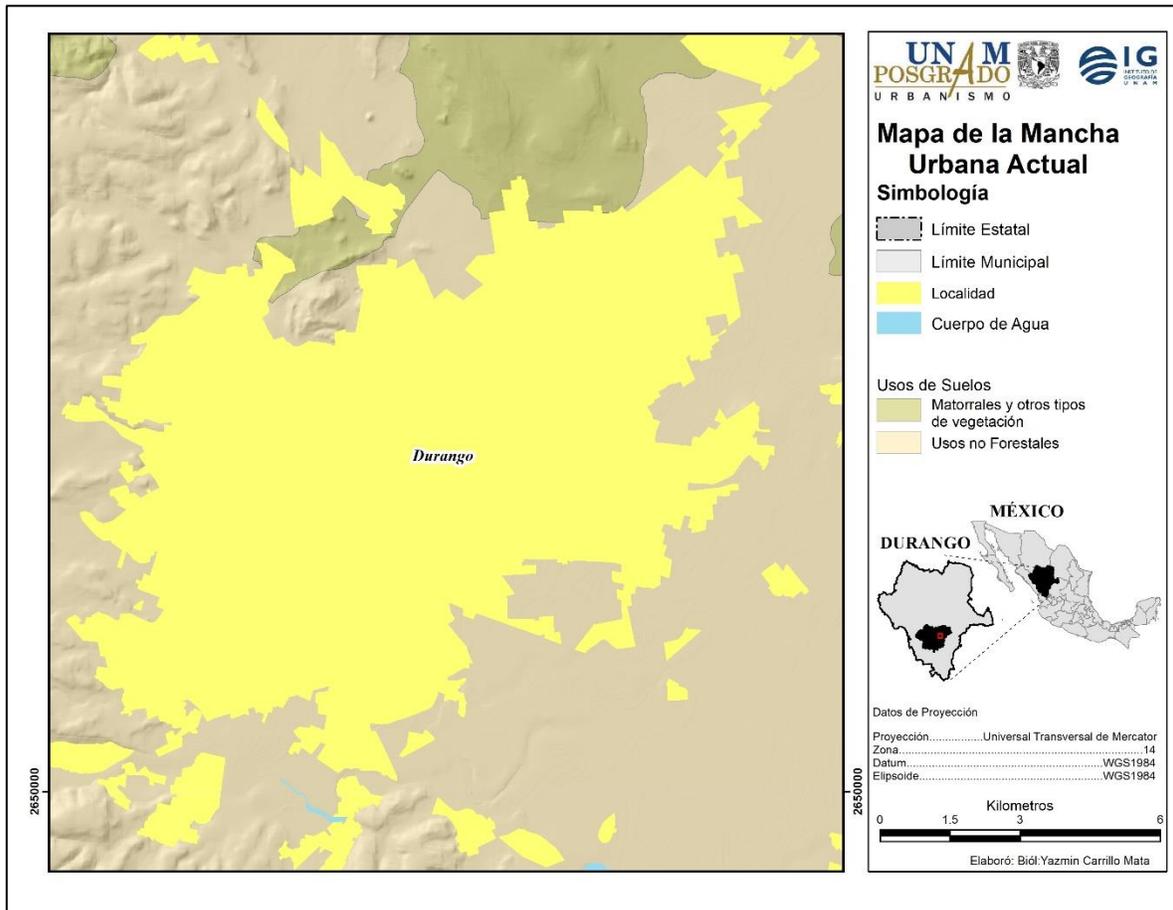
Considerar las características geomorfológicas del territorio es fundamental para la planeación urbana incluyendo las reservas de expansión, en la cual el suelo apto se encuentra al norte, noroeste y suroeste de la ciudad. Cabe mencionar que la planeación también debe tomar en cuenta las fallas geológicas y grietas que se presentan en la ciudad, además de la inestabilidad de laderas, estos aspectos se encuentran en el atlas de riesgos naturales para el municipio de Durango (Ayuntamiento del Municipio de Durango, 2016).

2.1.3 Tipo de suelo y uso de suelo

Con base en la clasificación de suelos predominan el leptosol (35.2 %) y el luvisol (30.3 %) seguidos por vertisol (9.3 %) y phaeozem (9.2 %) (INEGI, 2015), aunque el Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED) menciona que los más comunes son regosol y vertisol debido a la relación con el tipo de clima templado cálido (INAFED, s.f.). De acuerdo con INEGI (2015) el uso de suelo que predomina en el municipio es el de bosque (59.4 %) debido a la reserva que hay al sur del municipio, le sigue el de pastizal (19.6 %) y el de agricultura (11.1 %), aunque en el área cercana a la mancha urbana hay matorrales y suelo de uso no forestal (Mapa 2).

La zona urbana ocupa 114.6081 Km² el equivalente al 1.14 % del territorio del municipio (Mapas 1 y 2), dentro de la ciudad la zonificación es la siguiente: 2 968 ha para uso habitacional (25.9 %), 529.68 ha de uso comercial y servicios (4.62 %), 198.67 ha para el uso industrial (1.73 %), 63.06 ha para uso mixto (0.55 %), 5 100 ha de vialidades (44.51 %), 1 133.60 ha para equipamiento (9.89 %), 210.27 ha para las áreas verdes (1.83 %) y 1 255 ha de lotes baldíos (10.96 %) (Ayuntamiento del Municipio de Durango, 2016). La zona urbana de la ciudad ha crecido sobre suelo del Cuaternario y rocas ígneas del Terciario, en llanura aluvial y meseta con cañadas; sobre áreas originalmente ocupadas por suelos kastañozem, calcisol, leptosol, cambisol y phaeozem; y sobre terrenos previamente ocupados por agricultura, pastizal y matorral; con un clima semiseco templado (INEGI, 2015).

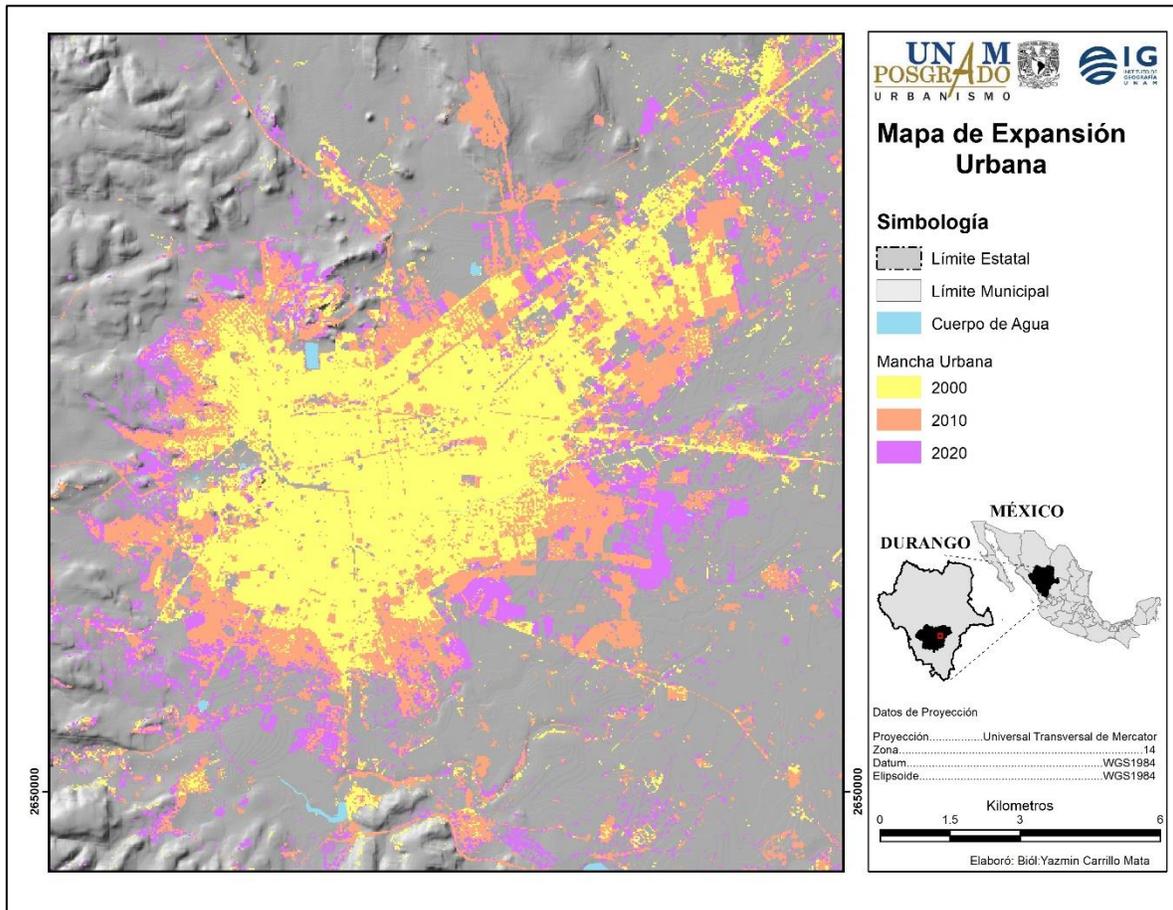
Mapa 2. Mancha urbana de Victoria de Durango y uso de suelo colindante



Fuente: Elaboración propia con base en el marco geoestadístico del INEGI (2019), USGS, (s.f.)

El crecimiento urbano se ha dispersado especialmente en el noreste de la ciudad, sin embargo, este no ha contemplado la reserva y/o creación de espacio público de manera simultánea a la expansión y destaca que más del cuarenta por ciento del territorio es utilizado por vialidades, lo cual sobre pasa la superficie utilizada para vivienda, mientras que el espacio destinado a las áreas verdes no alcanza el 2 % (Mapa 3).

Mapa 3. Expansión urbana de la localidad



Fuente: Elaboración propia con base en el marco geoestadístico del INEGI (2019), USGS,(s.f.)

2.1.4 Hidrografía

La mayoría del municipio se encuentra dentro de la región hidrológica del río San Pedro y, solo un 7.2 % corresponde a la cuenca Nazas – Aguanaval. La cuenca a la que pertenece la ciudad es la del río San Pedro. Solo el 0.1 % de sus cuerpos de agua son perennes y un 0.3 % son intermitentes (INEGI, 2015). Al sureste de la ciudad se encuentra la presa Presidente General Guadalupe Victoria. Al norte se encuentra la presa Peña de Águila y al sur Santiago Bayacora. Dentro de la región también hay presas derivadoras, sin embargo, no se dan abasto con la demanda. En cuanto a las aguas subterráneas se tiene un manto acuífero extenso, lamentablemente la sobreexplotación del acuífero deriva en que el agua extraída contiene altas concentraciones de flúor y arsénico. Desde 1956, el 14 % del manto tiene una veda de extracción la cual resulta inequitativa para los usuarios, ya que no hay un control de las extracciones (Ayuntamiento del Municipio de Durango, 2016).

2.1.5 Clima

El municipio tiene tres tipos de climas basados en su orografía: 35.4 % se considera semiseco templado, 24.2 % semifrío subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad y 21.9 % templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media; la zona urbana corresponde a un clima semiseco templado. La temperatura media anual es de 12 – 18 °C y una precipitación de 400 – 1200 mm (INEGI, 2015).

2.1.6 Flora

El tipo de vegetación natural predominante en el municipio es de bosque y este tipo de especies son las más amenazadas en el municipio. Con base en la Enciclovida (CONABIO, s.f.), se cuenta con un registro de 1 927 especies de plantas, de las cuales, 17 están en alguna categoría de riesgo dentro de la NOM – 059, dentro de las cuales destaca el *Agave victoriae-reginae* (maguey noa) que está en peligro de extinción (Anexo 1). Dentro de la lista de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) se tienen 167 especies, de las cuales 14 especies se encuentran en alguna categoría de amenaza (Anexo 1). Las especies que aparecen en ambas clasificaciones bajo algún nivel de protección son cuatro: dos biznagas (*Ferocactus histrix* y *Mammillaria pennispinosa*), el pino de Durango (*Pinus durangensis*) y un cedro (*Cupressus* spp.). A nivel internacional las especies que tienen mayor importancia son las arbóreas; sumado a esto se sabe que el estado de Durango ha tenido incidentes frecuentes de tala ilegal.

2.1.7 Fauna

Las especies silvestres que se encuentran en este municipio son 1105 con base en los datos de la página de Enciclovida (CONABIO, s.f.). De los grupos presentes (Tabla 5) destacan las especies reportadas dentro de la NOM – 059 o bien, dentro de la lista de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), asimismo, se enlistan las especies bajo alguna categoría de protección especial (Anexo 2).

Tabla 5. Número de especies por grupo

Grupo	Número de especies	Porcentaje (%)
Mamíferos	119	10.76
Reptiles	111	10.04



Aves	394	35.65
Anfibios	24	2.17
Artrópodos	432	39.09
Peces	25	2.26
TOTAL	1105	100

Fuente: Elaboración propia con base en CONABIO (s.f.)

De la tabla anterior podemos destacar que el grupo con más especies es el de los artrópodos con el 39 %, seguido por las aves con el 35 %, los siguientes grupos en porcentaje son el de mamíferos y reptiles con el 10 % cada uno, peces y anfibios tienen 2 % del total. En la revisión de las especies bajo protección comenzaremos con el grupo de los mamíferos. En la tabla 35 (Anexo 1) se puede ver que el murciélago trompudo se encuentra amenazado de acuerdo a la NOM-059 y casi amenazado en el marco internacional, mientras que el ratón de manos negras solo está en peligro en el marco internacional.

En el grupo de los reptiles destaca una gran cantidad de ofidios que se encuentran en alguna categoría de protección nacional y se mantiene en preocupación menor en el marco internacional. El huico moteado gigante de la costa de Jalisco está bajo la protección de ambos, es común ver esta especie en la ciudad. Y la tortuga pecho quebrado sonoreño solo está presente en la lista de la IUCN. En el caso de las aves, la mayoría de las especies presentes en el municipio está bajo algún tipo de protección. Sobresalen seis especies por estar en peligro de extinción a nivel nacional, de las cuales, tres coinciden en la misma categoría en el marco internacional. El grupo de los anfibios reporta veinticuatro especies de las cuales, 7 están en alguna categoría de riesgo. Las más vulnerables son una rana y un sapo que están en las categorías de amenaza y casi amenazada, respectivamente. La rana también se encuentra en estado de vulnerabilidad a nivel internacional.

El grupo de los artrópodos es de los más abundantes en el municipio, con 432 especies, de las cuales ninguna ha sido reportada en la NOM-059, mientras que en la lista IUCN hay seis especies. Cuatro están en la lista de preocupación menor, otra es una abeja (abejorro americano) en estado de vulnerabilidad y finalmente el crustáceo endémico de las aguas termales está en peligro crítico.

A manera de resumen se tienen las siguientes tablas donde se enlista el número de especies por categoría de riesgo tanto de la NOM-059 y la IUCN. Podemos observar que 22

especies han sido catalogadas como amenazadas, 53 están sujetas a protección, 7 están en peligro de extinción principalmente aves y una especie probablemente esta extinta en el medio silvestre (Tabla 6). El grupo con especies más catalogadas son las aves seguidas de los reptiles. De manera general cerca del 10 % del total de especies reportadas en el municipio se encuentran en alguna categoría de riesgo.

Tabla 6. Número de especies clasificadas dentro de la NOM-059

Grupo	NOM - 059				TOTAL
	Amenazada	Sujeta a protección especial	En peligro de extinción	Probablemente extinta en el medio silvestre	
Mamíferos	1	2	1		4
Reptiles	10	24			34
Aves	10	22	6	1	39
Anfibios	1	5			6
Artrópodos					0
TOTAL	22	53	7	1	83

Fuente: Elaboración propia con base en CONABIO (s.f.)

En el caso de la lista de la IUCN se enlistan 622 especies en alguna de las categorías mencionadas en la tabla 8, de las cuales 592 han sido identificadas como preocupación menor destacando que más del 50 % son aves (Tabla 7). Las especies en peligro de extinción son 6 de las cuales la mitad pertenecen a las aves y en peligro crítico son dos especies. En el conteo por grupos que más especies reporto en la categoría de preocupación menor es el de las aves seguidas por el de mamíferos.

Tabla 7. Número de especies clasificadas dentro de la lista de la IUCN

Grupo	IUCN					TOTAL
	Preocupación menor	Casi amenazado	Vulnerable	En peligro	En peligro crítico	
Mamíferos	162	2	1	1		166



Reptiles	60	1	1	1		63
Aves	349	10	5	3	1	368
Anfibios	17	1	1			19
Artrópodos	4		1		1	6
TOTAL	592	14	9	5	2	622

Fuente: Elaboración propia con base en CONABIO (s.f.)

La recopilación de los listados de flora y fauna proporciona un panorama de las especies que se encuentran vulnerables en el municipio. Es importante conocer la flora nativa para la planeación de los parques ya que estas especies deben utilizarse prioritariamente con el fin de preservarlas. Estas listas se compararán con las especies encontradas en el análisis. En el caso de los animales destaca que sean los artrópodos y las aves las que conforman cerca del 70 % de las especies ya que ambos grupos pueden coexistir en la ciudad, los parques les proveen hogares. Mantener a estas especies es prioridad debido a que en estos grupos se encuentran muchos polinizadores y controles de plagas.

2.2 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DE LA POBLACIÓN

La provisión de servicios de equipamiento como lo es el espacio público y las áreas verdes dependen del tamaño de la población y del nivel socioeconómico; estas características determinan el poder adquisitivo y la oferta de empleo y vivienda. Por ejemplo, la demanda de vivienda va de la mano con los servicios públicos que se necesitan en una localidad, esto se relaciona con la estimación del futuro crecimiento poblacional que nos permiten planear el crecimiento urbano e identificar cuáles serían los polígonos pertinentes para la localización de vivienda y equipamientos de servicio como los parques. Esta estimación de crecimiento poblacional y debe considerar utilizar el reciclamiento de algunos inmuebles.

Las áreas verdes generalmente se vinculan con la población dependiendo de su estatus económico, eso lleva a que tienen interés y poder adquisitivo para tener los parques en buen estado, así como el tiempo disponible para hacer la gestión con la intervención del municipio en comparación con barrios de ingresos bajos. Esta desigualdad también se ve reflejada en la salud y en la esperanza de vida de los ciudadanos (Ecoinventos, 2019).

Antes de revisar las características de la población, se revisaron los resultados de la evaluación de ONU – HABITAT con base en el índice de ciudades prósperas (ONU HABITAT, 2018). Este índice tiene seis dimensiones de análisis que ayudaran a tener un panorama de la ciudad: productividad, infraestructura de desarrollo; calidad de vida; equidad e inclusión social; sostenibilidad ambiental; gobernanza y legislación. Para la ciudad de Victoria de Durango la **infraestructura de desarrollo** tiene una evaluación de 64.19 %, lo que significa que, a pesar de proveer el equipamiento para sostener a su población, carece de infraestructura de comunicación y movilidad urbana. En el rubro de **equidad e inclusión social** obtuvo un 71.75 %, este aspecto incluye la equidad de género, la inclusión social y la distribución de riquezas. Falta priorizar la distribución de riquezas, la evaluación desglosada es de 44.74 %, en este se integra el índice de Gini y la tasa de pobreza. La **productividad** (50.3 %) se relaciona con un crecimiento económico bajo y una relación de empleo – trabajo del 52 %.

El área de **sostenibilidad ambiental** logra un 54.69 %, dentro de este rubro se consideran tres temas. El primero es el manejo de residuos (97 %) que está determinado por la recolección de los residuos sólidos y el tratamiento de aguas residuales. Le sigue la calidad del aire (67 %) que contempla el número de estaciones de monitoreo, las concentraciones del material particulado y de dióxido de carbono (CO₂). El último tema es el de energía que se conforma con la proporción de generación de energía renovable, en el cual el municipio cuenta con un cero debido a que no genera este tipo de energía, además de que no tiene políticas de generación de energías renovables. La dimensión de **calidad de vida** (60 %) se conforma con cuatro temas: salud (62.2 %), educación (87.7 %), seguridad y protección (61.95 %), espacio público (28.9 %). De los indicadores que integra cada una de las dimensiones y su evaluación, sólo se abordará el de espacio público, que se conforma por la accesibilidad al espacio público abierto (40.2 %) y las áreas verdes per cápita (17.6 %). Finalmente, las dimensiones de los anteriores aterrizan en el sexto que es el menos favorecido, **gobernanza y legislación urbana** (33.84 %); integrada por tres temas: participación y rendición de cuentas (44.3 %); capacidad institucional y finanzas municipales (57.1 %) y gobernanza de la urbanización (0 %). La evaluación indica que tienen una buena eficiencia de gasto local (86 %) la recaudación de ingresos propios es deficiente (40.4 %), la

participación electoral no llega al 45 % de la población total y la eficiencia del uso del suelo es del 0 %.

2.2.1 Densidad demográfica

Las características de la población son relevantes para analizar la provisión del espacio público, en cuestión de densidad, características de vivienda y estabilidad económica. En la siguiente tabla (Tabla 8) se muestran los datos de la población del censo poblacional de 1990 y 2015 para el Municipio de Victoria de Durango (Tabla 8). En 2015 el municipio representa el 37.2 % de la población del estado en 1990 correspondía al 30.7 %.

Tabla 8. Información básica de la población

	1990	2015
Población (hab)	413 835	654 876
Relación hombres- mujeres (número de hombres por cada 100 mujeres)	94	92.6
Edad mediana	19	25
Densidad (hab km⁻²)	44.5 ¹²	70.5
Promedio de hijos nacidos vivos	2.6	2.3
Porcentaje de hijos fallecidos	0.53	2.5

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (1992 y 2016)

La población en 1990 se consideraba muy joven pues la edad media era 19 años, en 2015 había subido 6 años. Del 2000 al 2005 el municipio presentó una tasa de crecimiento media anual (TCMA) poblacional de 1.9 % superior al promedio nacional (1.4 %). La edad media de la población ha aumentado 5 años en comparación con los datos del censo de 1995, lo cual concuerda con el aumento de la esperanza de vida de la población.

Con respecto a la vivienda, ésta ha tenido una TCMA de vivienda de 2.9 % por lo que se encuentra arriba del nacional (2.7 %). En el municipio la densidad de vivienda es de 1078 viv km⁻² (INEGI, 2016). Las viviendas equivalen al 37.5 % de las viviendas ocupadas del Estado, lo que coincide con el porcentaje de la población que habita el municipio. El número de viviendas que había en 1990 se duplico para 2015 mientras que la población apenas si

¹² Calculada con los datos de la misma tabla a manera ilustrativa.

aumento un 50% del total de 1990. La habitabilidad de las viviendas en 2015 era de 3 y 4 habitantes promedio y un ocupante por cuarto de habitación. En comparación con los datos de 1990 el promedio de habitantes por vivienda era de 5 personas de las cuales el 79.6 % habitaba una casa de 3 o más cuartos y el 5.5 % y 14.8 % de uno y dos cuartos, respectivamente (Tabla 9).

Tabla 9. Estadísticas de vivienda

	1990	2015
Viviendas particulares habitadas	82 600	171 351
Promedio de ocupantes por vivienda	5	3.8
Promedio de ocupantes por cuarto	-	0.9

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (1992 y 2016)

Con respecto a la tenencia de la vivienda del estado, en 2015 se registra que más del 70 % de los habitantes son propietarios, valor muy cercano al del municipio. La tenencia del hogar disminuyó cerca de un 10 % y el alquiler un 4 %, aparece la tenencia del hogar como vivienda de un familiar o prestada (Tabla 10).

Tabla 10. Tenencia de la vivienda

Estado	1990 (%)	2015 (%)
Propia	79.8	68.1
Alquilada	13	17.3
Familiar o prestada	-	13.3
Otra situación	6.8	1
No específico	0.4	0.3

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (1990 y 2016)

2.2.2 Nivel de estudios

La escolaridad de la población se muestra en la tabla 11, en donde se muestra que la capital tiene un alto índice de escolarización. El rubro «Sin escolaridad» pasó de ser el 6.2 % al 1.6 % en 25 años. En 1990 la escolaridad básica era el nivel primaria por lo que los demás niveles quedaban implícitos en post primaria. En el 2015 la educación básica integra al 51.3 % y 24.5 % corresponde a estudios grado y posgrado (Tabla 11).

Tabla 11. Nivel de escolaridad

	1990 (%)	2015 (%)
Sin escolaridad	6.2	1.6
Primaria incompleta	21.3	
Primaria completa	21.2	
Post primaria	50.3	
Básica		51.3
Media superior		22.5
Superior		24.5
No especificado	1	0.1

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (1992 y 2016)

2.2.3 Características económicas

En 1990 la Población Económicamente Activa (PEA; mayores de 12 años) del municipio era del 43 %, del cual, el 65.9 % eran hombres. Para el 2015 el porcentaje de la PEA del municipio aumentó a 53.2 %, de los cuales el 61.2 % correspondían a hombres. La población que no se encuentra económicamente activa (PNEA) se dedica principalmente a labores relacionadas con el hogar, este porcentaje disminuyó de 1990 a 2015, el porcentaje de estudiantes aumento un 10 % (Tabla 12). Las personas jubiladas y con alguna limitación física también aumentaron su porcentaje.

Tabla 12. Ocupación de la población económicamente no activa

PNEA	1990 (58.9 %)*	2015 (46.7 %)
Estudiantes	27	37.3
Personas dedicadas al hogar	57.2	42.1
Jubilados/ pensionados	2.1	9.7
Personas con alguna limitación física o mental que les impide trabajar	1.5	3.3
Personas en otras actividades no económicas	12.2	7.6

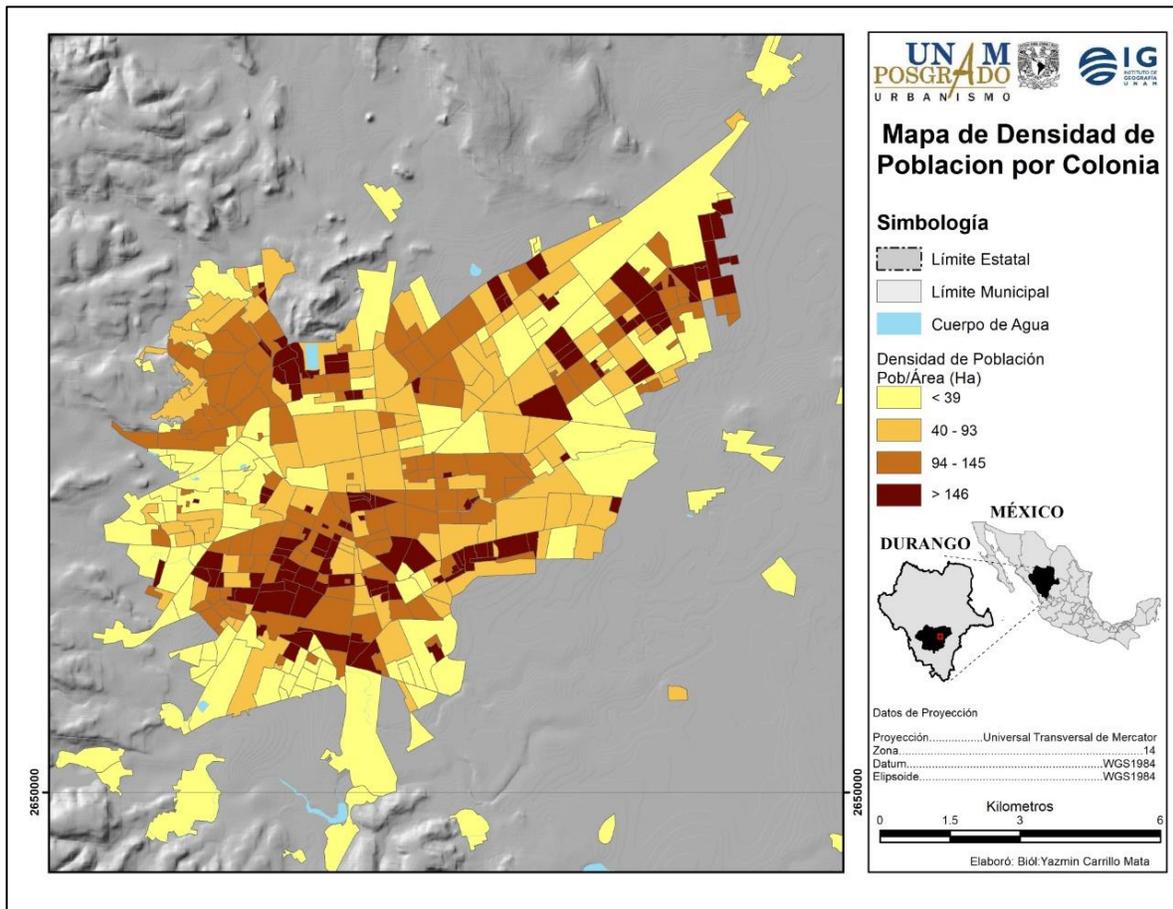
Los datos de la PNEA corresponden al Estado

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (1990 y 2016)

Con base en la información anterior, se concluye que la mancha urbana creció más que la población, reflejando una falta de planeación y de políticas de regulación. La densidad del estado en 1990 era de 11 habitantes por kilómetro cuadrado (hab km²) para 2015 aumentó a 14 hab km² que, comparado con otras ciudades el crecimiento de la población ha mantenido

una tasa lenta. La extensión de la ciudad dentro del municipio corresponde a un bajo porcentaje (1.14 %) la densidad del municipio es de 70 hab km², sin embargo, no hay dato de comparación previo a la densidad de la ciudad (ONU HÁBITAT, 2018). El espacio que corresponde a la ciudad determina un índice de urbanización del 90.3 % — por lo que se considera un municipio urbanizado — y su densidad urbana es de 3607 hab km² (ONU HÁBITAT, 2018). En el siguiente mapa se observa el crecimiento de la densidad poblacional (Mapa 4).

Mapa 4. Densidad de población de la ciudad



Fuente: Elaboración propia con base en el marco geoestadístico del INEGI (2019), USGS,(s.f.)



CAPÍTULO III. ECOLOGÍA DE LAS ÁREAS VERDES DE VICTORIA DE DURANGO

Para el Ayuntamiento de Durango la infraestructura verde de la ciudad son aquellos espacios públicos provistos de alguna superficie con vegetación como: parques, jardines, cementerios, glorietas, camellones, áreas de donación por fraccionamientos, áreas peatonales adornadas con plantas, reservas ecológicas y otras de uso común vegetadas por árboles, arbustos, setos, césped, vegetación leñosa y sarmentosa de la ciudad de carácter público o privado, y como áreas verdes a la superficie completamente destinada a la vegetación sin algún tipo de equipamiento, esto de acuerdo al reglamento del 2006 (Ayuntamiento del Municipio de Durango, 2006).

Dentro de las líneas de acción del Plan de Manejo de parques y jardines del municipio (Ayuntamiento del Municipio de Durango, 2006) se enlistan las siguientes: 3.2.5 se destaca que se deben recuperar los cuerpos de agua para el riego de parques además de impulsar la creación de parques es la ciudad con el Plan Parcial correspondiente. Menciona la Elaboración de un Reglamento para la Zonificación de la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) Urbana que hasta el momento no se ha elaborado. Además, en el punto 3.5.1 se establece un mejoramiento de la infraestructura de los espacios públicos, actualizar el plan de manejo de las áreas verdes (aún sin actualizar ya que el único que hay es del 2006), fortalecer los viveros para incrementar su producción y atender la demanda de plantas de ornato, dar mantenimiento y restaurar las áreas verdes (3.8.8, 3.8.12). Como parte del punto 3.5.2 se pretende mejorar la infraestructura de los parques grandes de la Ciudad que son Guadiana, Sahuatoba y Playa Dalila.

Dictaminar la poda y derribo de árboles con criterios ambientales y de seguridad se incorpora a partir de este plan por lo que la capacitación del personal es fundamental para un trabajo adecuado (3.8.8, 3.8.12)¹³. Tener el arbolado adecuado para cada sitio evita las podas severas y reiterativas que agotan a los árboles y reducen su ciclo de vida que además de ser costosas, implican trámites abrumadores para los ciudadanos. La elección de especies con base en el espacio disponible, la densidad y la adaptación al clima permiten gestionar las

¹³ Capítulo III. Reglamento de parques y jardines del municipio de Durango y de la Administración de los parques Guadiana y Sahuatoba (2006).



podas en el tiempo, así como su presupuesto (Meza, 2015). El reto de incorporar áreas verdes en las ciudades no solo reside en el diseño y planeación en el momento, la cual debe cumplir con los requisitos de la población presente (Pfeiffer y Cloutier, 2016), sino también en las necesidades futuras incluyendo la permanencia y gestión para dar continuidad a los proyectos. Las áreas verdes, al igual que las ciudades, son estructuras dinámicas en continuo cambio ecológico, económico y social y mantener un monitoreo en ellos garantiza las preferencias y demandas de estos espacios (Güngör y Polat, 2017).

La creación de nuevos parques se retoma en el 6.1.1 con grandes proyectos. Esto reitera la responsabilidad de la gestión municipal para ser capaces de definir las políticas públicas orientadas a adelantarse a aquellos fenómenos que puedan afectar su compromiso con el entorno, mediante medidas encaminadas a la prevención y a la educación con el respeto ambiental, desde una ocupación racional del territorio (Ros, 2007). Con base en lo anterior, los instrumentos de regulación del municipio de Durango necesitan una evaluación, regulación y actualización tanto el Reglamento de Parques y Jardines del municipio de Durango y de la Administración de los Parques Guadiana y Sahuatoba (Ayuntamiento del Municipio de Durango, 2006), como el Plan de reforestación (Ayuntamiento del Municipio de Durango, 2006) se publicaron en el 2006, con respecto a la gestión de las áreas verdes el municipio establece las etapas de creación y actores como se ve en la tabla 13.

Tabla 13. Etapas y agentes participantes el proceso de gestión de parques de acuerdo con el marco jurídico estatal y municipal (Victoria de Durango)

Creación	Mediante áreas de donación de fraccionamientos habitacionales	A solicitud ciudadana en predios de propiedad municipal	Como una atribución de a Dirección Municipal de Desarrollo Urbano y Obras Públicas
Promoción	Dirección de Servicios públicos	Subdirección de áreas verdes	La ciudadanía
Diseño y construcción	Fraccionador o promotor inmobiliario*	Subdirección de áreas verdes en coordinación con la dirección de finanzas y administración municipal	
Administración	Administración pública del municipio de Durango	Organismos descentralizados de la administración pública	Organismos privados



Control y evaluación	Subdirección de áreas verdes		
-----------------------------	------------------------------	--	--

**Los cuales deben proporcionar 4 m² de área verde por vivienda además estos polígonos no podrán ser modificables una vez establecidos*

Fuente: elaboración propia con base en el Reglamento de parques y jardines del municipio de Durango y de la administración de los parques Guadiana y Sahuatoba

EL Plan Municipal de Desarrollo de Durango (2017-2019) solo retomó la implementación de obras estratégicas para el **rescate de espacios tradicionales de convivencia, más parques y áreas verdes**¹⁴. Sin embargo, en el cambio de administración (2020 - 2022), el presidente municipal Jorge Salum, afirmó que las áreas verdes que entregó la administración anterior se encontraban en condiciones de abandono (Enríquez, 2019). Con base en esto, el presidente municipal Jorge Salum del Palacio y el Gobernador del Estado José Aispuro Torres, Gobernador del Estado presentaron la primera parte del paquete de obra para el municipio para ejercer en el 2020, el cual contempla obras de relevancia como: la construcción del Parque Público Nuevo Durango II, Andador Peatonal en el estadio Carita Medina, el Parque Lineal Nelly Campobello, Ciclovía Laureano Roncal y la remodelación de la unidad deportiva Mario Vázquez Raña (Hernández, 2019; Lastra, 2020).

El presidente Jorge Salum del Palacio mencionó que: el gobierno municipal se continúa preparando para mejorar la calidad del aire de la ciudad y crear más infraestructura verde. Esto lo afirmó durante un recorrido en el vivero Luis Donaldo Colosio, en el cual verificó los trabajos, plantaciones y proyectos a realizar una vez que se pase la contingencia causada por el COVID-19 (Hernández, 2020). De acuerdo con el Art. 7¹⁵ el municipio debe proveer y planear la infraestructura verde, además de establecer sanciones económicas por parte del Departamento de Finanzas y Administración; en caso de derribo de un árbol, este se debe sustituir por uno similar o por el número de árboles necesarios para cubrir el doble del diámetro del árbol talado. La planeación queda a cargo de departamento de Desarrollo Urbano y Obras Públicas. La provisión de agua potable y alcantarillado corresponde a Desarrollo Social y finalmente los dictámenes de poda y derribo le pertenecen a Salud Pública y Medio Ambiente.

¹⁴ Art 2 y Art 4 Facción VII (LGAHOTDU).

¹⁵ Reglamento de parques y jardines del municipio de Durango y de la Administración de los parques Guadiana y Sahuatoba (2006)



La protección del arbolado comienza por la adecuada selección y ubicación de las especies por parte de los diseñadores de espacios abiertos, y en segunda instancia, corresponde al Estado promover una cultura de apreciación y cuidado de ellos, además de incentivar con el ejemplo. Conocer el estado actual del arbolado es fundamental para gestionar adecuadamente dicho recurso; como se dijo, es conveniente que el censo del arbolado sea asumido por las diversas entidades gubernamentales con rigor bajo un diseño que genere información confiable y que sea contemplado en los planes de ordenamiento territorial, en los planes de desarrollo y en todo lo que tenga diseñado la administración o la autoridad ambiental, en términos de desarrollo urbano y elementos de política en el tema (Meza, 2015). Un marco sólido de políticas permitirá a la ciudad tener un patrimonio arbóreo con mejor salud y uniformidad de su arbolado urbano (Bonells, 2018).

La inversión en el arbolado debe amortizarse en un tiempo lo más largo posible, las podas presentan un 70 % de los gastos de mantenimiento reduciendo su frecuencia y el costo de estas operaciones conseguiremos de forma significativa las cargas de mantenimiento de las plantaciones urbanas (Bonells, 2003).

Con base en el calendario del presupuesto del presente año, se contempló ejercer un capital de \$ 825 mil millones aproximadamente, de los cuales el 48 % está contemplado en direcciones que tienen alguna relación con las áreas verdes (Tabla 14), aunque la Dirección de Salud Pública no está relacionada desde la gestión. Es relevante contemplar una futura vinculación como parte de su infraestructura. A esta secretaría le corresponde el 2.4 % del presupuesto total, lo cual retoma importancia en la situación de pandemia ante el COVID – 19, por lo que se espera que presente ajustes al final de año en el gasto ejercido. En lo que respecta a la Dirección de Servicios Públicos se destinó un 40 % del presupuesto, dentro de este se integran los proyectos de los parques y recuperación de áreas verdes para la ciudad, que se analizaron anteriormente.

Vinculado a este presupuesto, el destinado a la Secretaría de Medio Ambiente solo tiene el 0.79 % del presupuesto total, el mayor porcentaje del municipio presenta zonas de interés ambiental, si bien no están dentro de la ciudad, son áreas fundamentales para su demarcación, por lo que el presupuesto se torna deficiente para su cuidado (Tabla 14).

Tabla 14. Presupuesto autorizado para el 2020

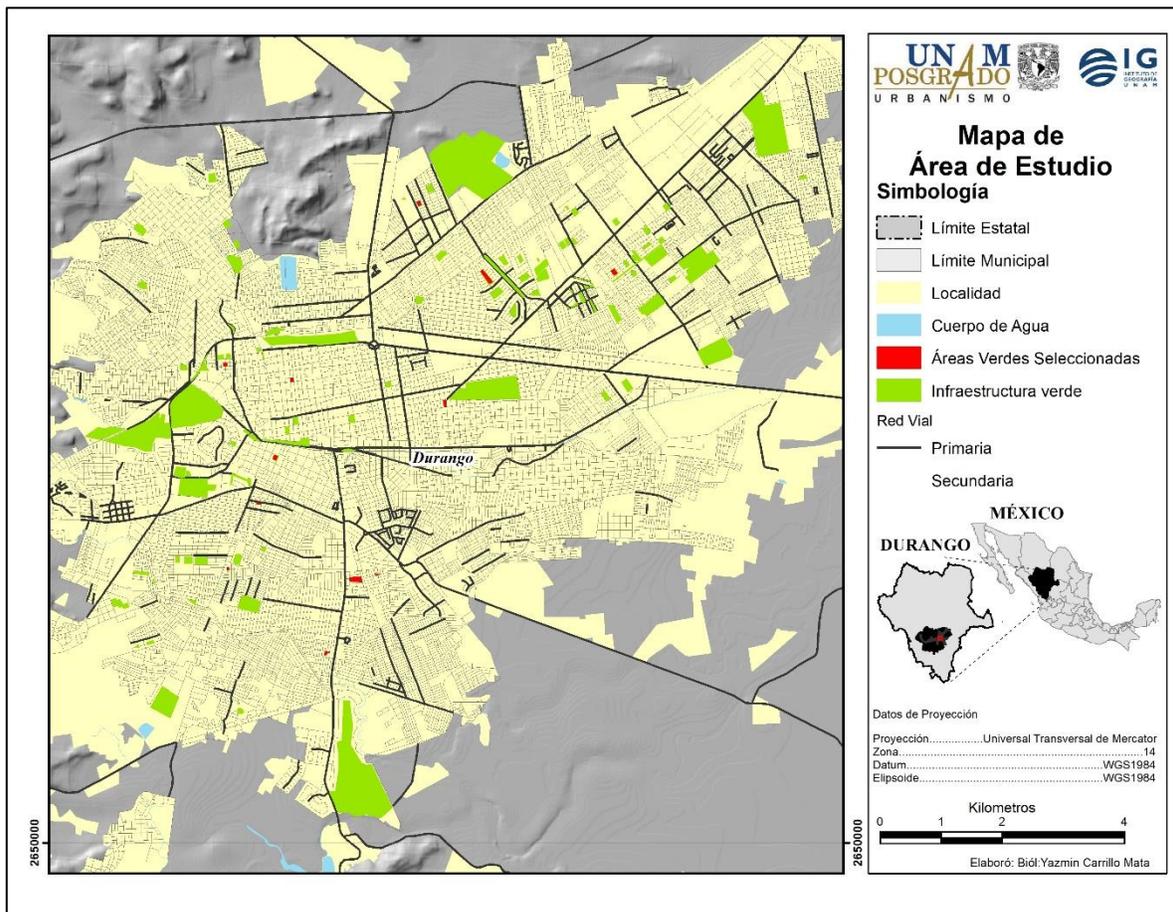
Secretaría correspondiente	Monto (\$)
1040000 Dirección Municipal de Desarrollo Urbano	3 972 276.38
1050000 Dirección Municipal de Obras Publicas	37 836 892.18
1060000 Dirección Municipal de Servicios Públicos	330 616 113
1080000 Dirección Municipal de Salud Pública	19 940 701.9
1090000 Dirección Municipal de Medio Ambiente	6 579 781.92
TOTAL GENERAL	398 945 765.3

Fuente: Elaboración propia con base en los datos del Ayuntamiento de Durango (s.f.)

En el 2016 se publicó el Manual de Lineamientos de Diseño de Infraestructura Verde para Municipios Mexicanos, alineado con la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF) y la legislación nacional. Sin embargo, dentro de la planeación municipal no está incorporada la visión de este manual, no se ha considerado una homologación de la importancia de la vegetación en los reglamentos locales o implementaciones para su consolidación.

En el siguiente mapa (Mapa 5) se muestra la infraestructura verde del municipio perteneciente al listado de uso de suelo de 1992 (Mapa 5), dicha información cartográfica aún no se ha actualizado en este sistema de datos. La infraestructura verde no alcanza a cubrir el 20 % de la superficie que tiene la ciudad. El año pasado el secretario de Recursos Naturales y Medio Ambiente, refirió que existen varias cifras para UGI del municipio (4.7, 6.5 y 2.7 m² hab⁻¹) esto depende si la estimación habla de la superficie total de la infraestructura o de la cobertura verde, aun así, los valores están lejos de un porcentaje óptimo para la ciudad (Barrientos, 2019).

Mapa 5. Infraestructura verde de la ciudad



Fuente: Elaboración propia con base en el marco geoestadístico del INEGI (2019), USGS,(s.f.)

El mapa muestra la infraestructura verde de la ciudad. Es evidente que son pocas las colonias que cuentan con dicho equipamiento. El primer parque de la ciudad fue el Parque Guadiana (antes conocido como el Bosque de la China) que se acondicionó como parque público en 1927 y fue inaugurado en 1929 (El Siglo de Durango, 2013). En septiembre de 1999 el municipio autorizó la tala de 600 árboles aproximadamente en el parque Guadiana con el fin de tener espacio para reubicar a los vendedores ambulantes. Algunos ciudadanos no estuvieron de acuerdo con dicha tala y protestaron, sin embargo, la tala prosiguió en horario nocturno y se extendió al parque Sahuatoba, ahuyentaron y mataron a zopilotes y auras que pernoctaban en el parque (Salas M, 2003).

La mayoría de los eucaliptos de Durango se plantaron hace 70 años con la finalidad de secar las zonas de manantiales o pantanos para después construir. La idea era secar y luego



retirarlos, pero cuando el lugar se llenó de muchos árboles se hizo en un parque. Actualmente los eucaliptos siguen absorbiendo grandes cantidades de agua (alrededor de mil litros diarios). Sin embargo, el subsuelo de Durango no tiene las características de hace 70 años; los mantos acuíferos se han sobreexplotado, ahora ese líquido se requiere para consumo humano. En muchos lugares donde hay eucaliptos se han secado los pozos. Hace 30 años se comenzó a sustituir eucaliptos por otros árboles; el plan de manejo marca una sustitución paulatina de árboles para que dentro de diez o 15 años estén adaptados y el eucalipto pueda ser removido (Bonilla, 2018).

En el 2010 las autoridades locales y federales emprendieron acciones para embellecer y rehabilitar varios puntos de los parques Guadiana y Sahuatoba, considerados el principal pulmón ecológico de la capital. También se restauró e implementó equipamiento para recreación (El Siglo de Durango, 2013). A menos de un mes de que la Dirección de Medio Ambiente informara la reconsideración de retirar los eucaliptos tras cumplir el objetivo para lo que fueron plantados, el subdirector de Servicios Públicos, Ricardo Parra Domínguez descartó la intención de retirarlos. Para dicha fecha solo retiraron árboles secos, incluyendo eucaliptos, con la intención de eliminar cualquier riesgo de derribo debido a las lluvias, y por cada árbol retirado se repusieron tres (Bonilla, 2018). Con las remodelaciones que tuvo el parque para el 2019 se reportó una pérdida neta del 50 % de su superficie vegetal (Blanco, 2019).

En el 2016 los tres órdenes de Gobierno informaron que Durango tendría un nuevo parque en el oriente de la Ciudad. En el lugar se contempló la plantación de 1400 árboles (como sabino, álamo, encino verde, encino rojo, mezquite, ébano, jabonero de la china y pino moctezuma, pino *greggii* y plantas *formio*, con inversión de 4 millones 169 mil 653 pesos). El bosque urbano «Parque del Agua» se ubica junto a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) oriente, con una superficie de 8 ha (Contreras, 2016). Para finales del 2016 el alcalde José Ramón Enríquez inició la construcción del primer Parque Lineal Zona Oriente, con el fin de fomentar la actividad física, el esparcimiento e incrementar las áreas verdes del municipio. Este parque tendrá una extensión de 120 m y en él se sembrarán 300 pinos, estará ubicado en la prolongación Enrique Carrola Antuna (Canelas) entre el fraccionamiento Real Victoria II y el parque Luis Donald Colosio (Gobierno Municipal, 2016).

El director municipal de Medio Ambiente resaltó que para inicios de 2020 la administración había plantado nueve mil 300 árboles y se ha implementado el esquema de apadrinamiento de árboles con escuelas, vecinos, asociaciones civiles e iniciativa privada, quienes se comprometen a cuidar y regar los árboles, y la dirección da un seguimiento mediante visitas y fotos (Hernández, 2020).

En el fraccionamiento Guadalupe las áreas verdes se encontraban abandonadas cuando el alcalde Jorge Salum acudió a supervisarlas, se instalaron 360 metros cuadrados de pasto, 200 plantas de ornato, además, se sembraron algunas semillas (en la nota no mencionan la especie a la que pertenecen), hubo poda de árboles y riego (Hernández, 2020). Para la rehabilitación del camellón central de la avenida 20 de Noviembre, desde la calle Miguel de Cervantes Saavedra hasta Heroico Colegio Militar en la Zona Centro. El director de Servicios Públicos Municipales confirmó que se llevará a cabo en tres etapas, la primera abarca de Miguel de Cervantes Saavedra hasta Blas Corral con una incorporación de más de seis mil individuos como: durante gold, alhelí, lavanda, ajillo verde, ajillo rayado, lirio persa y espada; la reparación del sistema de riego y macetones laterales, de las otras dos aún no se ha platicado en los medios (La Voz de Durango, 2020).

Además, se tienen programado la construcción del parque lineal Nellie Campobello (210 m) y la rehabilitación de los parques públicos en Villas del Guadiana VI y Nuevo Durango II, (Blanco, 2020). En el fraccionamiento Nubes, hubo una reforestación de 500 árboles aproximadamente y, buscando colaboración local se invitó a los ciudadanos, principalmente a los niños, a que adoptaran un árbol para su cuidado y supervivencia (Lastra, 2020). Los predios de los carriles de ferrocarril que pasaban en el centro se tomaron para el acondicionamiento de parques lineales por medio de derechos federales (Arq. Alberto Pérez, comunicación personal, 28 de septiembre de 2020).

Actualmente, la ciudad de Durango cuenta con cuatro plantas de tratamiento de aguas residuales: Oriente, Sur, Cristóbal Colón y Parque Guadiana; las cuales tratan 43 millones 468 mil 17 m³ de aguas residuales generadas en la ciudad, de las aguas residuales producidas por la mancha urbana de las cuales 30 millones 427 mil 611.9 m³ (70.0 %) se usan para riego agrícola, 12 millones 171 mil 044.76 m³ (28.0 %) se usan para el riego de parques y jardines

y 869 mil 360.34 m³ (2.0 %) se destinan a la Unión Fenosa, todo bajo la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996.

En el 2020 se iniciaron proyectos de mejoras y rescate para los parques Guadiana y Sahuatoba, así como la colaboración y adopción de áreas verdes. Uno de estos convenios se llevó cabo con la refresquera y el parque Guadiana, principalmente para la remodelación de las áreas de recreación y la donación de agua para riego (Enríquez, 2020). Asimismo, en mayo del 2020 se previó una inversión de 2 millones de pesos para un sistema de riego en el parque Sahuatoba debido a que las altas temperaturas han estresado a los árboles jóvenes por lo que se les aplicara un riego de «auxilio» (Hernández, 2020).

Ambos proyectos destinan recursos a la provisión de agua como una mejora para los parques, sin embargo, no han definido infraestructura para la captación y uso eficiente del recurso, así como la sustitución paulatina de la vegetación demandante por especies que estén adaptadas al régimen hídrico de la ciudad. Sumado a esto se contemplan grandes remodelaciones del mobiliario de los parques y áreas recreativas (Cárdenas, 2019), entre ellos, la Obra los tres Durango, lagos del sauce y el Jardín 450 (Enríquez, 2020). En el siguiente mapa podemos observar los nuevos desarrollos¹⁶ de parques, así como el primer parque de la ciudad, Guadiana y Sahuatoba.

3.1 MÉTODO

El estudio se realizó con la estrategia de investigación de teoría fundamentada¹⁷ debido a que pocas veces se ha conjuntado la evaluación ecológica de la vegetación de los parques y la gestión como política pública. La tesis usa una metodología mixta de acuerdo a la clasificación de Biggam (2008). La evaluación de los parques se realizó con base en la revisión de los elementos de la gestión en las áreas verdes de la ciudad, para la selección de las áreas de estudio se usó un muestreo estratificado por conveniencia de la clasificación del índice de área verde urbana (UGI) de Blancarte (2016). Finalmente, la evaluación de las áreas

¹⁶ Se desconoce la situación de propiedad de los predios, es decir, si fue donado, expropiado o comprado.

¹⁷ Esta teoría está basada en la relación entre la revisión de literatura y el trabajo empírico, es decir, la investigación no es secuencial sino simbiótica, donde uno alimenta al otro. Es de naturaleza exploratoria (Biggam, 2008).

verdes consistió en parámetros físicos (suelo, temperatura, radiación solar y ruido) y ecológicos (índices de diversidad). Los parámetros de suelo evaluados fueron los siguientes:

- Físicos. Textura al tacto (Siebe, Jahn, y Stahr, 2006), densidad aparente y real (Flores y Alcalá, 2010), espacio poroso (Elliott *et al.*, 1999; Flores y Alcalá, 2010), contenido de humedad (Flores y Alcalá, 2010) capacidad de campo y color (Flores y Alcalá, 2010).
- Químicos. pH y conductividad eléctrica¹⁸

Cabe mencionar que parte de la información es un análisis exploratorio de lo que hay en la ciudad, para dar paso a un inventario de las áreas verdes lo cual es óptimo para su planeación y mantenimiento espacio – temporal. El diseño del muestreo, recolecta y tratamiento de las muestra se encuentra en el Anexo 3.

3.1.1 Selección de áreas verdes

Las áreas verdes que se analizaron en el presente estudio se eligieron con base en la clasificación de Blancarte (2016). Dado que el autor determinó qué áreas verdes tenían vegetación y cuales no con la ayuda de imágenes satelitales y visitas en campo, esta tesis toma ese trabajo como base. La clasificación de Blancarte fue determinada con base en el UGI (Urban Green Index) por colonia de la ciudad, es decir, se determinó el acceso a las áreas verdes con base en la población y área determinadas por los polígonos de las colonias. La clasificación considera cinco clases dependiendo del valor obtenido por colonia se enmarcan en los siguientes intervalos: cero ($0 \text{ m}^2 \text{ hab}^{-1}$), uno ($0.01\text{-}2.24 \text{ m}^2 \text{ hab}^{-1}$), dos ($2.25\text{-}4.49 \text{ m}^2 \text{ hab}^{-1}$), tres ($4.5\text{-}6.74 \text{ m}^2 \text{ hab}^{-1}$), cuatro ($6.75\text{-}9.00 \text{ m}^2 \text{ hab}^{-1}$), cinco ($> 9.0 \text{ m}^2 \text{ hab}^{-1}$) (Blancarte, 2016; 49).

En la tabla 15 se muestran las colonias seleccionadas para la evaluación de las áreas verdes. Para la elección de parques se pretendió tomar un valor homogéneo para cada clase, sin embargo, por la disponibilidad decidió tomas 3 áreas de la clase 1, una de la clase 2 (esto se debe a que a pesar de estar clasificados como áreas verdes no contaban con cobertura vegetal), cuatro de la tercera (al ser una la clase con valor promedio, y dos áreas más para las

¹⁸ El pH y la conductividad eléctrica se analizaron en una solución 1:2.5 con agua destilada. con un aparato HANNA HI 9813-5.

últimas clases, lo que nos da un total de 12 zonas de estudio (Mapa 6), las cuales fueron visitadas de junio – julio de 2019 (Muestreo en el Anexo 3).

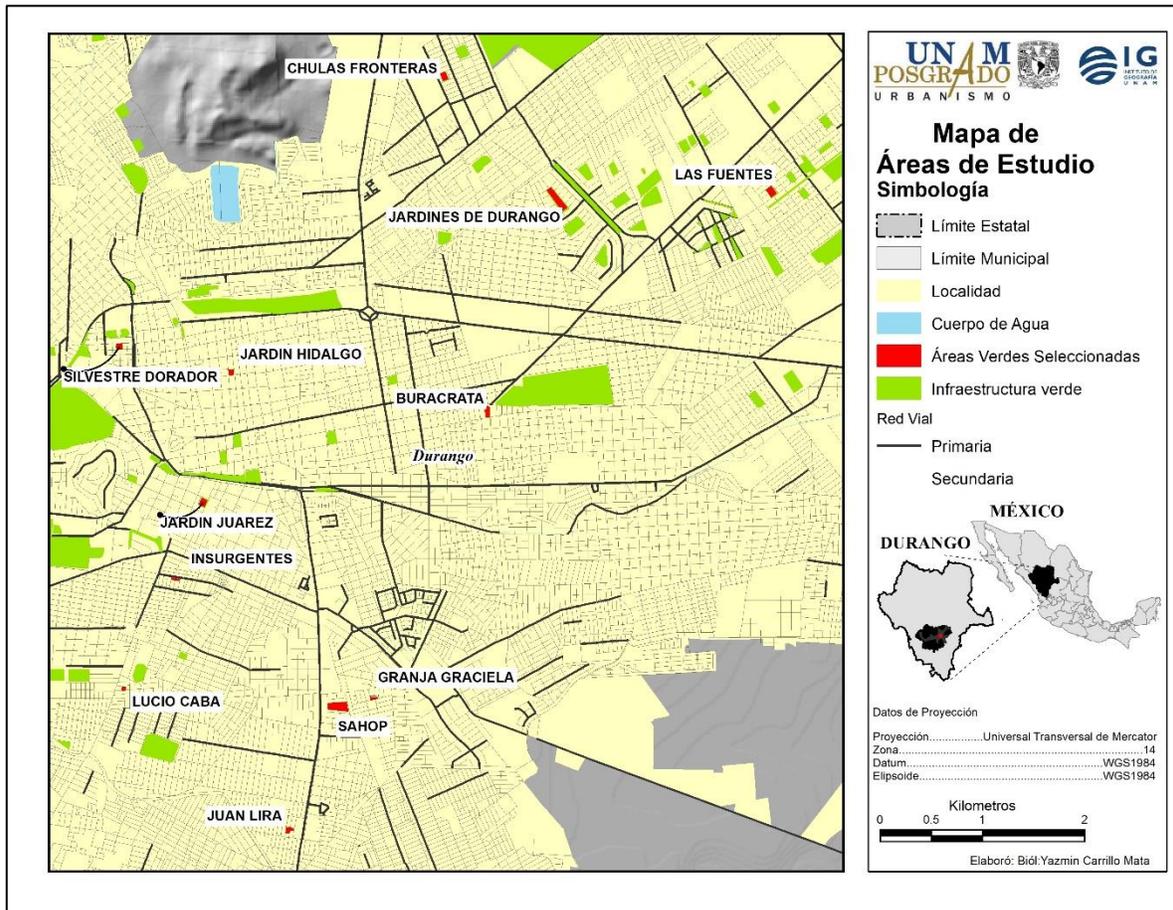
Tabla 15. Áreas verdes muestreadas en Victoria de Durango

Nombre de la colonia	Población (habitantes)	Área verde (m ²)	UGI (m ² /hab)	Clasificación de UGI (m ² /hab)	Área de la infraestructura verde seleccionada (m ²)
Lucio Cabañas	3617	1663.82	0.46	1	1206
Juan Lira	4713	6456.81	1.37	1	2719
Las Fuentes	2225	15196.75	6.83	4	5270
Insurgentes	2849	13190.87	4.63	3	1435
SAHOP	801	18711.36	23.36	5	13996
Silvestre Revueltas	2251	8801.41	3.91	2	2988
Burócrata	818	4728.04	5.78	3	4264
Jardín Juárez	4041	22872.06	5.66	3	3840
Chulas Fronteras	498	3864.48	7.76	4	3866
Jardines de Durango	5746	115954.28	20.18	5	12904
Granja Graciela	1283	1385.64	1.08	1	1387
Jardín Hidalgo	20177	103306.24	5.12	3	2315
Promedio	4084.92	26344.31	7.18	NA	4682.50
Min	498.00	1385.64	0.46	NA	1206.00
Máximo	20177.00	115954.28	23.36	NA	13996.00
Desviación estándar	5333.03	39575.73	7.22	NA	4285.87

NA = No aplica.

Fuente: Elaboración propia con base en Blancarte (2016)

Mapa 6. Áreas verdes seleccionadas para la evaluación



Fuente: Elaboración propia con base en el marco geoestadístico del INEGI (2019), USGS,(s.f.)

3.2 RESULTADOS

3.2.1 EVALUACIÓN DE SUELO

El suelo es el recurso sobre el que construimos nuestras ciudades y/o viviendas, sin embargo, su función natural fuera de la urbe es poco valorada, este recurso es importante debido a los en diferentes procesos y etapas de nuestra vida en las que se ve implicado, como el soporte físico y químico que proporciona a las plantas, por consiguiente, mantiene la agricultura y la alimentación de algunos animales y de los humanos. Debemos tener presente que la construcción de infraestructura tiene un impacto en el patrón del drenaje natural; la urbanización anula las funciones del suelo al cubrirlo/sellarlo impermeabilizándolo (Cotler, y otros, 2007; Paul y Meyer, 2008). La NOM-021-SEMARNAT-2002 (DOF, 2002) define el suelo como:



[La] colección de cuerpos naturales formados por sólidos (minerales y orgánicos), líquidos y gases, sobre la superficie de los terrenos. Presenta, ya sea, horizontes o capas, que se diferencian del material de origen como resultado de adiciones, pérdidas, migraciones, y transformaciones de energía y materia; o por la habilidad de soportar raíces de plantas en un ambiente natural. (p. 5)

Sin embargo, la definición del suelo varía con la disciplina que utilice el concepto, por ejemplo, el significado que le atribuye la geotécnica es aquel material no consolidado que se encuentra sobre un lecho rocoso (roca firme y consolidada). En el caso de la ingeniería civil es el material con el cual se puede construir o bien extraer y dependiendo de sus propiedades determinan el tipo de obra a construir (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2017). Desde el punto de vista de la agricultura es la capa de material fértil que recubre la superficie de la Tierra que brinda soporte, nutrientes y agua a las raíces de las plantas. Por ello, la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo (SSSA, por sus siglas en inglés), con base en las características de su origen y los factores ambientales implicados lo define como:

La capa superficial de material mineral y orgánico, no consolidado, que sirve de medio natural para el crecimiento de las plantas, y que ha sido sujeto y presenta los efectos de los factores que le dieron origen (clima, topografía, biota, material parental¹⁹ y tiempo) y que, debido a la interacción de éstos, difiere en sus propiedades físicas, químicas, biológicas y morfológicas del sustrato rocoso del que se originó (Forman, 2008). Por ello, el suelo ya no es roca ni sedimento geológico, sino un producto proveniente de las alteraciones e interacciones que experimentan estos materiales (Sumner (2000) citado por Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2017; 12).

A pesar de la dinámica constante de la formación del suelo la interacción de los estos procesos formadores de suelo es sumamente lento, por lo que se necesitan de 100 a 400 años para la formación de un centímetro de suelo (Bifani, 1997). Este proceso en tiempos

¹⁹ Son los materiales que le dan origen al suelo. Pueden ser productos de la alteración de las rocas o sedimentos no consolidados de cualquier procedimiento y composición.

geológicos es sumamente rápido, sin embargo, en escala humana no son posibles de visibilizar ya que requieren más de dos generaciones, por lo que se considera un recurso natural no renovable.

Tomando como base lo anterior, hoy en día las ciudades abarcan solo un 3 % de la superficie terrestre y consumen el 78 % de la energía y emiten 60 % del CO₂, los bosques urbanos ayudan a mitigar parte de los efectos que causa este impacto, por lo que se estima que en ciudades medias el arbolado urbano puede reducir la pérdida de hasta 10 000 toneladas de suelo al año (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2018). Lo que quiere decir que el suelo es otro de los recursos que estamos deteriorando en escala masiva. En donde ahora están las ciudades cerca del 60 % de este recurso ha sido modificado desde la aparición del humano (Vitousek *et al.*, 1997). La Base Referencial Mundial del Recurso Suelo define a los suelos con fuerte influencia humana como **Antrosoles**²⁰ y **Tecnosoles**²¹ (FAO, 2008; Tabla 16).

Tabla 16. Características de los Antrosoles y Tecnosoles

Grupo de suelo	Material parental	Horizonte
Antrosoles	Virtualmente cualquier material de suelo, modificado por cultivo o adición continua y prolongada de materiales.	<p>Horizonte plágico: con condiciones físicas favorables (porosidad, enraizamiento y humedad) y químicas desfavorables (acidez y nutrientes).</p> <p>Horizonte hórtico: También llamados suelos de cocina debido tienen un suelo superficial profundo, negro, formado en capas con rezagos de cocina (caparazones de ostras, huesos de pescado, etc.) de los antiguos habitantes.</p> <p>Horizonte antrácuico: es la destrucción de la estructura del suelo natural por la labranza intensiva cuando el suelo está saturado con agua.</p>

²⁰ Suelos con uso agrícola prolongado y excesivo.

²¹ Suelos que contienen muchos artefactos, cuyas propiedades se originan por su origen técnico.



		<p>Horizonte irragrico: Se forma como resultado de sedimentación prolongada del agua de riego. El caso del camellón – surco.</p> <p>Horizonte terrico: Son aquellos donde la adición le dio al suelo propiedades mejoradas para cultivos arables en comparación con el suelo original. Como las chinampas.</p>
Tecnosoles	<p>Todo tipo de materiales hechos o expuestos por actividad humana que de otro modo no ocurrirían sobre la superficie de la tierra; la pedogénesis en estos suelos está fuertemente afectada por materiales y su organización.</p>	<p>Generalmente ninguno, aunque en vaciaderos antiguos (escombros romanos) puede observarse evidencia de pedogénesis natural, tal como translocación de arcilla. Los depósitos de lignito y hollín con el tiempo pueden exhibir propiedades vítricas o ándicas. El desarrollo original del perfil puede todavía estar presente en suelos naturales contaminados.</p>

Fuente: Elaboración propia con base en FAO (2008)

Con base en lo anterior, los Tecnosoles son aquellos que están fuertemente afectados por la naturaleza del material o la actividad humana. Son más factibles de estar contaminados que otro grupo de suelos de referencia. Contienen una cantidad significativa de artefactos (algo reconociblemente hecho o extraído de la tierra por el humano), o están sellados por roca dura técnica (creado por el humano que tiene propiedades diferentes a la roca natural). Incluyen suelos de desechos (rellenos, lodos, escorias, escombros o desechos de minería y cenizas de plantas generadoras de energía eléctrica, entre otros), pavimentos con sus materiales subyacentes no consolidados, suelos con geomembranas y suelos construidos en materiales hechos por el humano. Los Tecnosoles son frecuentemente referidos como **suelos urbanos** o de minas. Se reconocen en el nuevo sistema ruso de clasificación de suelos como Formaciones Tecnogénicas Superficiales. Muchos Tecnosoles tienen que ser tratados con cuidado ya que pueden contener sustancias tóxicas resultantes de procesos industriales. El objetivo de conocer las características de cada suelo nos permite determinar si existen condiciones óptimas para el desarrollo de la vegetación de acuerdo a sus requerimientos particulares.

Tabla 17. Textura de los parques de la ciudad de Durango

Nombre del parque	Clase	Clasificación textural	Clasificación ²²	% Arenas	% Limos	% Arcillas
Lucio Cabañas	1	Franco arcillo - limosa	CRL	0 - 20	40 - 73	27 - 40
Juan Lira	1	Franco arcillo - limosa	CRL	0 - 20	40 - 73	27 - 40
Granja Graciela	1	Franco arcillo - limosa	CRL	0 - 20	40 - 73	27 - 40
Silvestre Revueltas	2	Franco arcillo - limosa	CRL	0 - 20	40 - 73	27 - 40
Insurgentes	3	Franco limosa fina	CLf	20 - 50	74 - 88	0 - 27
Burócrata	3	Franco limosa fina	CLf	20 - 50	74 - 88	0 - 27
Jardín Juárez	3	Franco arcillo - limosa	CRL	0 - 20	40 - 73	27 - 40
Jardín Hidalgo	3	Arcillo limosa	RL	0 - 20	40 - 60	40 - 60
Las Fuentes	4	Franco arcillosa	CR	20 - 45	15 - 52	27 - 40
Chulas Fronteras	4	Franco	C	23 - 52	28 - 50	7 - 27
SAHOP	5	Arcillo arenosa	RA	45 - 65	0 - 20	35 - 55
Jardines de Durango	5	Franco arcillosa	CR	20 - 45	15 - 52	27 - 40

Fuente: Elaboración propia

3.2.1.2 Densidad real, densidad aparente y espacio poroso

La densidad aparente es un parámetro utilizado para cuantificar la compactación del suelo de manera exploratoria, asimismo, es un criterio importante para la evaluación del balance hídrico y de nutrientes, también determina la permeabilidad y la profundidad fisiológica del suelo. A diferencia de la densidad real, incluye el espacio poroso y es un buen estimador para evaluar la resistencia del suelo a la elongación de las raíces. La densidad aparente depende de la textura y del contenido de materia orgánica, las cuales cambian estacionalmente por efectos de labranza y la humedad de suelo (en caso de tener arcillas expansibles) (Taboada y Álvarez, 2008).

²² Esta clasificación está basada en las características de maleabilidad y consistencia de la clave textural de Siebe *et al.* (2006).

La densidad real permite conocer el grado de compactación del suelo con base en el material parental. A partir de la relación de ambas densidades se puede calcular el porcentaje del espacio poroso, el cual es un parámetro que depende también de la textura, la estructura y la materia orgánica del suelo²³. Estos poros son ocupados por el aire y/o agua dependiendo del balance hídrico y del diámetro del poro (Siebe *et al.*, 2006; Flores y Alcalá, 2010). Un porcentaje reducido del espacio poroso provoca una menor aireación, disminución en la infiltración del agua y dificultad de penetración de las raíces. Asimismo, un capilar estrecho significa un mayor flujo del agua y una mayor fuerza con la que el agua es retenida en el suelo. Lo que significa que para que las plantas puedan tomar agua del suelo deberán aplicar fuerzas de succión mayores a las fuerzas de retención con las que el agua se encuentra absorbida (Siebe *et al.*, 2006). Los resultados de los análisis se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18. Densidad aparente, real y espacio poroso de los parques de la ciudad de Durango

Nombre del parque	Densidad aparente (g cm ⁻³)	Desviación estándar	Densidad real (g cm ⁻³)	Desviación estándar	Espacio poroso (%)	Desviación estándar
Lucio Cabañas	0.82	0.14	2.44	0.13	67.52	3.15
Juan Lira	0.74	0.11	2.44	0.06	70.80	3.40
Granja Graciela	0.74	0.16	2.38	0.00	71.63	8.67
Silvestre Revueltas	0.84	0.13	2.30	0.03	68.67	3.37
Insurgentes	0.77	0.18	2.38	0.13	56.52	14.25
Burócrata	0.78	0.18	2.44	0.06	64.67	0.78
Jardín Juárez	0.75	0.10	2.45	0.21	69.17	5.56
Jardín Hidalgo	0.76	0.14	2.25	0.03	71.87	5.77
Las Fuentes	0.76	0.11	2.54	0.39	68.80	4.19
Chulas Fronteras	0.87	0.17	2.58	0.15	66.34	6.09
SAHOP	0.96	0.13	2.17	0.56	70.08	1.45
Jardines de Durango	0.89	0.12	2.44	0.06	67.39	3.53

Fuente: Elaboración propia

Los valores de la densidad aparente de la mayoría de las muestras de suelo colectadas son menores a 0.9 g cm⁻³, lo cual puede indicar que son ricas en humus. Los andosoles pueden tener valores de densidad aparente inferiores a los 0.9 g cm⁻³, los suelos arcillosos

²³ Porosidad (%) = $100(1 - \frac{\text{Densidad aparente}}{\text{Densidad real}})$ Tomado de Elliott *et al.* (1999); Flores y Alcalá (2010).

generalmente tienen valores entre 1 y 1.5 g cm⁻³ (Shoji, Nanzyo y Dahlgren, 1993). Todas las densidades aparentes evaluadas son menores a 1 g cm⁻³ por lo que se consideran suelos orgánicos y poco arcillosos. Una manera de mejorar el suelo es con la adición de materia orgánica para mejorar la aireación y la filtración de agua (Decourt y Paquet, 1984). En la densidad real tenemos valores entre 2.1 y 2.5 g cm⁻³, lo que podría indicar que estos suelos son ricos en materia orgánica (su presencia tiende a disminuir la densidad real), la arena gruesa suele tener una densidad real de 2.655 g cm⁻³, la arena fina de 2.659 g cm⁻³, el limo de 2.798 g cm⁻³ y la arcilla de 2.837 g cm⁻³. En suelos no compactados estos valores son: suelos arenosos de 1.65 g cm⁻³; suelos franco arenoso, 1.5 g cm⁻³; suelos de textura franca con 1.4 g cm⁻³, franco arcilloso de 1.33 g cm⁻³, arcillo arenoso, de 1.3 g cm⁻³ y los suelos arcillosos con 1.25 g cm⁻³ (Antúnez *et al.*, 2015). En comparación la densidad del concreto es de 2.58 g cm⁻³, el del caucho es de 1.16 g cm⁻³, los ladrillos 2.65 g cm⁻³ y el asfalto de 2.4 g cm⁻³.

En el caso del espacio poroso, todas las áreas tienen una relación alta – muy alta, lo que indica que los suelos tienen el espacio suficiente para permitir el desarrollo radicular de las plantas (40 - 60 %), como comparación tenemos la porosidad de un ladrillo (22.2 %) y el del caucho (27.6 %) (Wessolek, 2008).

3.2.1.3 Humedad y capacidad de campo

La humedad en el suelo depende del clima, la vegetación la profundidad del suelo y las características y condiciones físicas. Asimismo, se define a la humedad del suelo como: la masa de agua contenida por unidad de masa de sólidos del suelo (Flores y Alcalá, 2010). La capacidad de retener agua de un suelo depende del espacio poroso lo que se relaciona con los parámetros evaluados anteriormente como la textura y la densidad. Entre más humedad retenga un suelo mayor será la posibilidad de la vegetación para sobrevivir a periodos de sequía (Shaxson y Barber, 2005; Tabla 19).

Cuando el espacio poroso se encuentra totalmente saturado de agua, se dice que está a su **máxima capacidad de retención de agua**. Después de la saturación los poros gruesos (50 μm), éstos se drenan por gravedad en un tiempo breve llegando a la **capacidad de aireación**. La cantidad de agua restante en los poros menores a 50 μm es retenida con

tensiones equivalentes a pF^{24} 1.8 y es lo que se denomina como **capacidad de campo** (Tabla 20).

Tabla 19. Capacidad de campo y humedad por parque en la ciudad de Durango

Nombre del parque	Humedad a Capacidad de Campo (%)	Desviación estándar	Humedad higroscópica (%)	Desviación estándar	Humedad capilar (%)	Desviación estándar
Lucio Cabañas	43.76	1.38	4.20	0.56	39.56	1.87
Juan Lira	52.69	1.34	4.06	0.67	48.63	1.24
Granja Graciela	50.59	1.48	3.95	2.22	46.64	0.77
Silvestre Revueltas	50.51	0.45	9.28	1.81	41.24	1.68
Insurgentes	44.09	0.52	4.28	0.82	39.81	1.32
Burócrata	47.28	1.13	5.29	1.84	41.99	0.73
Jardín Juárez	50.23	0.32	5.41	0.28	44.81	0.38
Jardín Hidalgo	55.71	1.76	8.35	0.43	47.37	1.34
Las Fuentes	42.96	1.16	5.41	0.36	37.55	0.83
Chulas Fronteras	33.42	1.46	7.32	2.01	26.10	1.69
SAHOP	34.25	0.81	3.67	1.00	30.59	1.15
Jardines de Durango	46.84	0.89	4.75	0.33	42.10	0.60

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Punto de marchitez y capacidad de retención de agua disponible de parques de la ciudad de Durango

Nombre del parque	*Humedad a punto de marchitez (%)	Desviación estándar	*Capacidad de retención de agua disponible	Desviación estándar
Lucio Cabañas	23.78	0.75	19.98	0.63
Juan Lira	28.64	0.73	24.05	0.61

²⁴ Es el logaritmo base 10 de la presión medida en mbar o cm de columna de agua. Donde p = potencial y F= energía libre del agua.

Granja Graciela	27.50	0.80	23.10	0.67
Silvestre Revueltas	27.45	0.24	23.06	0.20
Insurgentes	23.96	0.28	20.13	0.24
Burócrata	25.69	0.61	21.58	0.52
Jardín Juárez	27.30	0.17	22.93	0.15
Jardín Hidalgo	30.28	0.96	25.43	0.80
Las Fuentes	23.35	0.63	19.61	0.53
Chulas Fronteras	18.17	0.79	15.26	0.67
SAHOP	18.62	0.44	15.64	0.37
Jardines de Durango	25.46	0.48	21.38	0.40

Fuente: Elaboración propia.

*Los cálculos se realizaron tomando en cuenta el valor de la humedad a capacidad de campo

Siebe *et al.* (2006) propone la relación de la textura y la densidad aparente para determinar el porcentaje del volumen total de poros (VPT), la capacidad de aireación (CA), la capacidad de retención de agua (dCC) y la capacidad de campo (CC). Los resultados se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21. Balance hídrico y distribución de los poros

Nombre del parque	VPT (Vol %)	CA (Vol %)	dCC (Vol %)	dCC (Lm ⁻²)	Espacio radicular efectivo (dm)	CC (Vol %)	CC(L m ⁻²)
Lucio Cabañas	49	7	20	213.99	11	42	449.38
Juan Lira	49	7	20	215.24	11	42	452.00
Granja Graciela	49	7	20	218.02	11	42	457.83
Silvestre Revueltas	49	7	20	215.97	11	42	453.55
Insurgentes	50	9	27	261.58	10	41	397.21
Burócrata	50	9	27	268.12	10	41	407.15
Jardín Juárez	49	7	20	217.51	11	42	456.76
Jardín Hidalgo	52	4	15	148.88	10	48	476.41
Las Fuentes	50	5	16	155.55	10	45	437.48
Chulas Fronteras	48	8	20	194.85	10	40	389.69



SAHOP	50	5	16	158.60	10	45	446.06
Jardines de Durango	50	5	16	156.58	10	45	440.37

Fuente: Elaboración propia

Los valores de VTP corresponden a la porosidad de campo, es decir, tienen de media a alta porosidad, indicando que es un buen parámetro para el desarrollo radicular en el suelo. Con respecto a la CA los valores de 3 – 7 % corresponden a suelos con evaluación baja lo que representa restricciones del crecimiento radicular lo que también se ve limitado en casos de agua estancada donde se vuelve en capacidad adicional de retención de agua. Los valores de 7 – 12 % son de evaluación mediana, al aumentar CA la elevación capilar del agua se hace lenta y el drenaje de agua pluvial aumenta. Los suelos ricos en materia orgánica necesitan una alta CA para poder realizar la oxidación de residuos orgánicos.

La capacidad de agua disponible (dCC) representa la cantidad de agua que pueden absorber las plantas. Esta capacidad se determina con el espacio radicular efectivo²⁵, todos los suelos de los parques tienen un espacio radicular entre 10 y 11 dm, al obtener el valor del dCC (L m⁻²) se tiene que los datos de los parques son mayores a 140 L m⁻², lo que se considera alto (200 < como muy alto). La CC representa la cantidad de agua que puede ser retenida en un suelo contra la fuerza de gravedad, es decir, representa la capacidad de retención de un líquido evitando la lixiviación. El parque de Chulas Fronteras está en el límite de la evaluación media (260 - 390) y alta (390 - 520) de la capacidad de campo encontrando el nivel muy alto a valores mayores a 520 L m⁻².

3.2.1.4 Color

El color es una característica física relacionada con la longitud de onda del espectro visible que el suelo refleja al recibir los rayos de luz (Flores y Alcalá, 2010), es cualitativa y se evalúa con el tono e intensidad (Sistema de Notación Munsell). El color del suelo influye indirectamente en la temperatura y la humedad debido a su efecto en la energía radiante (Flores y Alcalá, 2010). Gracias a la combinación de ambos componentes se pueden inferir algunas características edáficas y procesos pedogenéticos. El color está determinado por los ácidos húmicos, fúlvicos, los compuestos de hierro y del manganeso (óxidos, hidróxidos y

²⁵ Es la profundidad máxima a la que las raíces llegan a absorber agua en años de sequía.

sulfuros). El color también refleja el contenido de materia orgánica, procesos de oxidación/reducción en los suelos (Siebe *et al.*, 2006). En la Tabla 22 se muestran los resultados de la determinación del color en parques de la ciudad de Durango.

Tabla 22. Color del suelo en parques de la ciudad de Durango

Nombre del parque	Clave ²⁶	Nombre	Clave	Nombre
		Seco		Húmedo
Lucio Cabañas	10 YR 4/3	Marrón amarillento mate	7.5 YR 2/3	Marrón muy oscuro
Juan Lira	10 YR 5/3	Marrón amarillento mate	10 YR 2/3	Negro pardusco
Granja Graciela	10 YR 5/3	Marrón amarillento mate	10 YR 3/3	Marrón oscuro
Silvestre Revueltas	10 YR 4/3	Marrón amarillento mate	7.5 YR 2/2	Negro pardusco
Insurgentes	10 YR 5/3	Marrón amarillento mate	10 YR 2/3	Negro pardusco
Burócrata	10 YR 5/3	Marrón amarillento mate	10 YR 3/2	Negro pardusco
Jardín Juárez	10 YR 4/3	Marrón amarillento mate	7.5 YR 3/1	Negro pardusco
Jardín Hidalgo	10 YR 4/2	Marrón amarillo grisáceo	10 YR 2/2	Negro pardusco
Las Fuentes	10 YR 5/4	Marrón amarillento mate	7.5 YR 3/3	Marrón oscuro
Chulas Fronteras	2.5 YR 3/4	Marrón rojizo oscuro	7.5 YR 2/3	Marrón rojizo oscuro
SAHOP	10 YR 5/4	Marrón amarillento mate	7.5 YR 3/3	Marrón oscuro
Jardines de Durango	7.5 YR 4/4	Marrón	7.5 YR 3/3	Marrón muy oscuro

Fuente: Elaboración propia

La mayoría de los suelos de los parques tiene color marrón amarillento (en seco), al ser la capa superficial del suelo se esperarían colores más oscuros que indican alto contenido en materia orgánica por lo que se puede inferir baja presencia de ácidos húmicos y fúlvicos. El color también se relaciona con una baja densidad, es decir, dado que al no haber materia orgánica en descomposición los suelos no tienen la aireación necesaria (Siebe *et al.*, 2006). El suelo de Chulas Fronteras presenta coloración rojiza lo que indica la presencia de goetita (FeO - OH) y otros compuestos de hierros los cuales están presentes en suelos intemperizados.

3.2.1.5 Potencial de Hidrógeno (pH)

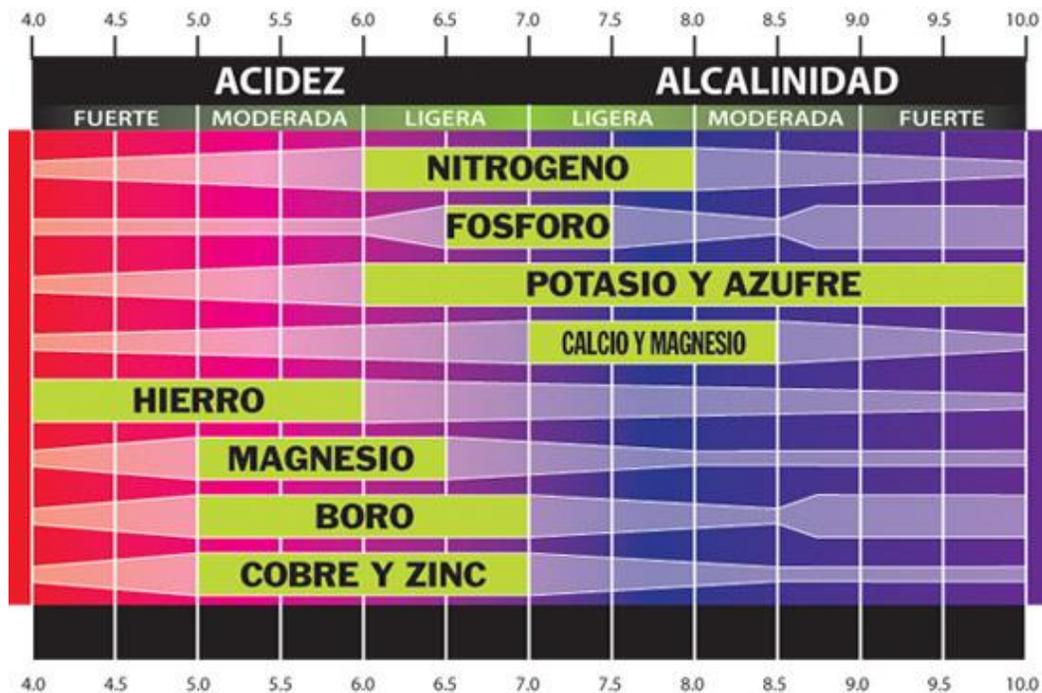
El pH se define como la concentración de iones hidronio e hidroxilo en el agua. La concentración de estos dos iones depende de la concentración de iones libres en la solución

²⁶ Las primeras dos cifras y letras corresponden al matiz, la siguiente cifra es el valor y el último número es el tono cromático.

del suelo. El pH permite hacer inferencias en relación con la disponibilidad relativa de nutrientes además su valor también determina procesos pedogenéticos (Siebe *et al.*, 2006). Los nutrimentos quedan retenidos por la materia orgánica y las partículas de arcilla, que los liberan lentamente en la solución acuosa del suelo para que puedan ser utilizados por las plantas (Gardi *et al.*, 2014). Un pH de 6.5 a 7.5 se considera neutro, menor a 6.5 es una concentración ácida y una mayor a 7.5, alcalina. Por lo general, los nutrientes esenciales para la planta se encuentran disponibles en un intervalo de pH de 5.4 a 6.2 (Fig. 9) aunque cada especie de planta tiene su propio intervalo óptimo de pH (Torres *et al.*, 2001). Conociendo el valor del pH del suelo es posible diagnosticar problemas de disponibilidad de nutrimentos para un buen desarrollo de las plantas, por ejemplo, los metales como el hierro se encuentran disponibles a un pH ácido.

En los suelos ácidos, el aluminio y el manganeso pueden volverse muy solubles y tóxicos, además se puede reducir la capacidad de la planta para absorber calcio, magnesio y molibdeno. Por el contrario, en los suelos ácidos el fósforo no está disponible para las plantas (Rawson y Gómez, 2001). Además, si el boro, el cobre y el zinc están presentes en el suelo, pueden presentar toxicidad a bajos niveles de pH. En los suelos medianamente alcalinos es posible encontrar deficiencia de boro, cobre y zinc y puede no estar disponible el fósforo. El pH del suelo tiene relativamente poco efecto sobre el nitrógeno. A un pH < 5 el aluminio es un elemento tóxico que limita la degradación microbiana de la materia orgánica (Fassbender y Bornemisza, 1987), a un pH menor a 5.5 hay un exceso de Mn disponible. Hay diecisiete elementos esenciales para el crecimiento de las plantas divididos en dos grupos. Los macronutrientes, como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S), y los micronutrientes como el hierro (Fe), cobre (Cu), cloro (Cl), manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn), níquel (Ni) y molibdeno (Mo), los cuales son absorbidos por la planta en medio líquido. Estos nutrientes se encuentran disponibles razonable a un pH de 6 – 6.5 (Castellanos, 2000).

Figura 9. Diagrama de Troug



Fuente: Tomado de (AGROGEN, s.f.)

Los suelos de los parques evaluados se encuentran con un pH relativamente neutro, sin embargo, determinar si el pH es o no el adecuado para que las plantas tengan los elementos básicos para su desarrollo depende de la especie (Tabla 23). Cada tipo tiene requerimientos especiales y las plantas responden a la disponibilidad de recursos, además de tener en cuenta el pH se debe conocer la concentración de las bases intercambiables disponibles. Se necesita hacer un estudio de las bases intercambiables del suelo para determinar cuáles son los elementos que le hacen falta al suelo.

Tabla 23. pH del suelo de los parques de la ciudad de Durango

Nombre del parque	pH	Desviación estándar
Lucio Cabañas	7.33	0.12
Juan Lira	7.30	0.10
Granja Graciela	7.50	-
Silvestre Revueltas	7.57	0.06
Insurgentes	7.20	0.17
Burócrata	7.30	-
Jardín Juárez	7.33	0.06
Jardín Hidalgo	7.63	0.06

Las Fuentes	7.67	0.06
Chulas Fronteras	7.37	0.06
SAHOP	7.47	0.15
Jardines de Durango	7.07	0.06

Fuente: Elaboración propia

3.2.1.6 Conductividad

La conductividad de los suelos depende de la concentración de sales que tiene el suelo, su valor se mide en mS cm^{-1} (mili Siemens por centímetro) y aumenta proporcionalmente a la concentración de sales (Tabla 24). Esta propiedad del suelo es sensible a cambios de uso y manejo de la tierra (Wit, 2001, Perkins et al. 2007, Zimmerman y Elsenber, 2008; Gomez-Tagle *et al.*, 2008) lo que permite evaluar los procesos de infiltración del agua en el suelo.

Tabla 24. Conductividad del suelo

Nombre del parque	Conductividad (mS cm^{-1}) ²⁷	Desviación estándar
Lucio Cabañas	0.23	0.01
Juan Lira	0.45	0.01
Granja Graciela	0.53	NA
Silvestre Revueltas	0.36	0.01
Insurgentes	0.42	0.01
Burócrata	0.63	0.02
Jardín Juárez	0.51	0.02
Jardín Hidalgo	0.66	0.01
Las Fuentes	0.43	0.01
Chulas Fronteras	0.18	0.01
SAHOP	0.27	0.01
Jardines de Durango	0.39	0.01

NA = No hubo variación entre las mediciones de las muestras

Fuente: Elaboración propia

Con base en la clasificación de suelos de la FAO (2008), los umbrales de un horizonte sálico ($\geq 8 \text{ dS m}^{-1}$ y $\geq 15 \text{ dS m}^{-1}$) todos los suelos evaluados se consideran hiposálicos ($\geq 4 \text{ dS m}^{-1}$), es decir, el sustrato de los parques tiene deficiencia en sales, la concentración óptima

²⁷ $\text{mS cm}^{-1} = \text{dS m}^{-1}$

debe ser revisada para cada especie, mientras que valores $\geq 30 \text{ dS m}^{-1}$ se consideran hipersálicos.

3.2.2 EVALUACIÓN DE VARIABLES CLIMÁTICAS

3.2.2.1 Temperatura del suelo

La temperatura del suelo tiene una relación estrecha con el agua que la planta puede absorber. Si la temperatura del suelo se encuentra por encima del punto de congelación el agua puede desplazarse en estado líquido y su obtención es relativamente fácil; sin embargo, si la temperatura del suelo se encuentra por debajo del punto de congelación, el agua del suelo, en estado sólido, se encuentra inmóvil y no está disponible para las plantas (Rawson y Gómez, 2001). El crecimiento y desarrollo de las raíces se ve afectado por la temperatura del suelo. Si la temperatura es extrema (p.e. $46.11 \text{ }^\circ\text{C}$ o $4.44 \text{ }^\circ\text{C}$) se limita el crecimiento de las raíces. Las temperaturas mínimas del suelo para la mayoría de las especies se encuentran entre $0^\circ - 5 \text{ }^\circ\text{C}$, el óptimo entre 10° y $25 \text{ }^\circ\text{C}$ y el máximo entre 25°C y $29.5 \text{ }^\circ\text{C}$ para cualquier clima (Harold y Hocker, 1979).

La mayoría de las mediciones de temperatura del aire estuvieron entre los 10 y $17 \text{ }^\circ\text{C}$ con una humedad relativa entre el 30 y 60% . La humedad disminuyó en las tardes, después de las $12:00$ la humedad se mantuvo por debajo del 40% , excepto en Chulas Fronteras debido a que el día del muestreo hubo una precipitación (Tabla 25). Azpeitia, Morales, y Torres (2007) determinaron que la escala de temperatura efectiva (effective temperature) es de $18.9 \text{ }^\circ\text{C}$ con un intervalo que va de los $17.2 - 21.7 \text{ }^\circ\text{C}$ para el confort térmico de hombres y mujeres en reposo y con ropa.

Tabla 25. Temperatura y humedad relativa por área verde en parques de la ciudad de Durango

Nombre del parque		Aire			
		Temperatura ($^\circ\text{C}$)	DS	Humedad relativa (%)	DS
Lucio Cabañas	Mañana	12.86	0.54	45.48	8.97
	Tarde	ND	ND	ND	ND
Juan Lira	Mañana	12.86	0.54	45.48	8.97
	Tarde	ND	ND	ND	ND
Granja Graciela	Mañana	13.61	0.51	59.26	1.04

	Tarde	13.88	0.46	39.34	2.10
Silvestre Dorador	Mañana	12.97	0.46	50.75	1.45
	Tarde	14.01	1.67	36.61	3.17
Insurgentes	Mañana	10.76	0.16	50.26	0.41
	Tarde	11.47	0.99	33.96	2.90
Burócrata	Mañana	10.77	0.38	50.51	2.33
	Tarde	11.06	0.54	32.77	3.25
Jardín Juárez	Mañana	12.33	0.62	49.14	3.66
	Tarde	12.36	0.59	39.59	2.31
Jardín Hidalgo	Mañana	14.32	0.43	59.83	2.18
	Tarde	15.01	0.87	44.72	2.86
Las fuentes	Mañana	15.31	0.11	54.22	3.09
	Tarde	14.28	0.34	38.34	1.99
Chulas Fronteras	Mañana	16.66	2.74	58.60	4.61
	Tarde	16.28	1.23	54.95	3.91
SAHOP	Mañana	11.54	0.50	56.28	2.91
	Tarde	11.87	0.43	36.53	2.14
Jardines de Durango	Mañana	13.95	0.82	60.80	5.09
	Tarde	11.73	0.64	37.98	3.55

Datos tomados con Humidity & Temperature Meter & Wet Bulb Temperature (HT - 350)

DS = Desviación estándar; ND = No determinado

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.2 Radiación solar

La radiación solar es la forma en la cual las plantas absorben la energía del sol. El crecimiento de un cultivo está determinado por la cantidad de radiación que pueda interceptar y usar durante su vida. Un exceso en la radiación no causa un problema si se tienen agua y nutrientes disponibles y suficientes, ya que a mayor radiación solar se espera un mayor crecimiento. La mayoría de la radiación solar se pierde en forma de calor incorporándose al suelo desnudo y evaporando la humedad del suelo (Rawson y Gómez, 2001).

En la ciudad la temperatura depende de la energía que la infraestructura absorbe y almacena de la radiación, ésta puede variar dependiendo del material de la construcción, el concreto, la cantidad de áreas verdes y cuerpos de agua (García, 2018), entre otras variables. La vegetación influye en la temperatura, de tal manera que contrarresta el efecto de las islas de calor (Paul y Meyer, 2008). La energía que absorbe un edificio con vegetación es de 85

Watts por metro cuadrado ($W m^{-2}$), $70 W m^{-2}$ quedan en el aire debido a que $585 W m^{-2}$ son consumidos mediante la evaporación²⁸, mientras que en una construcción sin vegetación hay $210 W m^{-2}$ en el aire los cuales fluyen completamente al edificio (Wessolek, 2008), es así que la falta de áreas verdes favorece una lenta dispersión de la radiación solar.

De acuerdo con la energía de radiación se determinó la energía directa del sol y la energía bajo la copa de los árboles en las áreas verdes analizadas (Tabla 26).

Tabla 26. Nivel de radiación solar por área verde en parques de la ciudad de Durango

		Radiación ($W m^{-2}$)			
		Sombra	DS	Luz	DS
Lucio Cabañas	Mañana	39.15	13.93	773.85	8.98
	Tarde	52	DI	1244	DI
Juan Lira	Mañana	43.43	12.33	930.57	271.52
	Tarde	ND	ND	ND	ND
Granja Graciela	Mañana	59.86	22.56	164.06	18.78
	Tarde	280.36	74.27	1264.98	267.97
Silvestre Dorador	Mañana	45.50	24.36	374.87	188.95
	Tarde	95.61	36.84	1137.23	316.49
Insurgentes	Mañana	63.37	52.28	721.24	241.43
	Tarde	216.90	297.81	1101.68	290.07
Burócrata	Mañana	49.92	7.29	623.37	104.89
	Tarde	94.99	66.44	1231.34	44.07
Jardín Juárez	Mañana	78.36	37.39	584.43	277.96
	Tarde	165.49	123.18	1164.53	66.35
Jardín Hidalgo	Mañana	68.53	8.40	666.80	115.06
	Tarde	83.94	14.49	1259.88	45.83
Las fuentes	Mañana	94.17	34.28	1035.60	56.78
	Tarde	130.90	32.21	1408.15	138.55
Chulas Fronteras	Mañana	108.20	40.14	802.73	149.40
	Tarde	167.50	105.38	923.02	604.31
SAHOP	Mañana	75.10	7.17	1046.36	36.51
	Tarde	218.36	42.04	1243.61	286.53

²⁸ $1 W m^{-2} = 0.0864 MJ m^{-2} día^{-1}$ (radiación equivalente a mega Joule metro cuadrado por día); $1 mm día^{-1} = 2.45 MJ m^{-2} día^{-1}$ (evaporación equivalente).

Jardines de Durango	Mañana	77.15	42.31	711.51	153.04
	Tarde	91.56	42.17	1261.84	53.23

ND = No determinado

Datos tomados con Solar Power Meter (SM206 –SOLAR) 340 – 1000 nm

Fuente. Elaboración propia.

La diferencia entre las mediciones de la radiación solar directa, en comparación con las tomadas bajo la intervención de la copa de los árboles es considerable; la directa, pasa de mediciones entre los 100 W m^{-2} a valores por encima de los 1000 W m^{-2} por las mañanas, la recepción de radiación por la tarde aumenta cuantiosamente en el suelo desnudo, sin embargo, debajo de la cobertura de la copa se mantiene una radiación menor, lo que resulta en temperaturas que se consideran agradables o frescas ($16 - 22 \text{ }^\circ\text{C}$, Anexo 4). El instrumento mide la radiación comprendida entre los $340 - 1100 \text{ nm}$, el espectro de radiación ultravioleta (UVA) se encuentra entre los $315 - 400 \text{ nm}$, esto indica que también se tiene la energía del espectro visible e infrarrojos. Cabe recordar que este estudio es exploratorio (en cuanto a las variables climáticas se refiere) y cuantificar la radiación en un ciclo corto es complejo por la cantidad de variables que influyen en ella (Santillán-Soto *et al.*, 2015), sin embargo, establece líneas de acción futuras para su monitoreo con equipo especializado.

Tomando en cuenta esta estimación al convertir los valores de radiación solar al Índice UV solar mundial ($1 \text{ IUUV} = 0.025 \text{ W m}^{-2}$), todos los valores sobrepasan la escala de exposición extremadamente alta (11 IUUV), la cual sugiere un alto cuidado debido a que la exposición prolongada tiene riesgos de quemadura y si resulta ser una exposición crónica podría ocasionar melanomas (OMS, 2003).

Relacionado con la exposición a la radiación se tomó la temperatura superficial de distintos equipamientos presentes en los parques, esto para notar cambios en el microclima que ofrece la vegetación ya que se tomaron temperaturas en superficies cubiertas por la sombra y otras a exposición solar directa (Anexo 4). En este trabajo se registraron temperaturas agradables ($16 - 22 \text{ }^\circ\text{C}$) para los espacios cubiertos con la sombra de algún árbol, sin embargo, en las superficies que no estaban cubiertas la temperatura se disparaba por encima de los $40 \text{ }^\circ\text{C}$. La mayoría de los materiales que se usan en las construcciones urbanas, son generalmente oscuros, lo que les permite absorber más energía que se dispersa poco a poco en forma de calor (García, 2018). Este fenómeno, puede llegar a durar varias

horas, lo que mantiene el aire caliente en las ciudades. El pavimento, el suelo desnudo y el caucho son los que mayor energía almacenan y se refleja en su temperatura superficial, sobre todo por la tarde cuando se registra la mayor radiación (OMS, 2003).

Esta diferencia de materiales con los cuales están construidas las ciudades genera diferentes temperaturas en la ciudad, cuando éstas son mayores que las de la periferia se le conoce como islas de calor (esta diferencia térmica puede ser de 1 a 3 °C) (EPA, 2019). Este fenómeno común en las ciudades puede generar estrés e incomodidad en la población por la sensación térmica (principalmente en el verano); es importante señalar que este fenómeno es un producto de la forma en que han crecido las ciudades y no algo propio de las cuestiones meteorológicas, esta concentración de calor también se ve reflejada en un mayor consumo de energía eléctrica por aparatos como el aire acondicionado durante las épocas más calurosas, aunque este fenómeno también puede generar un ahorro de energético durante las épocas frías (García, 2018).

Ruiz *et al.* (2016) encontraron que el comportamiento térmico y el grado de confort térmico son claramente impulsados por la configuración de cada parque y el uso que se le da a cada sector. Además, descubrieron que el fenómeno isla de calor alcanza su máxima expresión durante el período de enfriamiento, con ello sus resultados demostraron el efecto beneficioso de los parques en el enfriamiento nocturno de la trama urbana. Asimismo, este enfriamiento es de mayor intensidad en aquellos espacios verdes de mayor extensión, por lo que el diseño del paisaje de los espacios verdes es más importante para los parques de menor dimensión, en los cuales una adecuada proporción y diseño de cada configuración, puede dar resultados similares a los de un parque de gran tamaño.

La configuración de la vegetación debe tomar en cuenta los ejes anteriores y los cambios en el flujo de energía, el efecto de isla de calor urbano, -que a su vez sirve como una trampa para los contaminantes atmosféricos- es el ejemplo más conocido de modificación inadvertida del clima (McDonnell y Pickett, 1993). Ante este efecto la forestación urbana es sustancial en el balance de la Carga Climática Urbana, aún más en una zona árida, ya que constituye el indicador más influyente en la modificación de la temperatura y humedad relativa, al ser la única variable con posibilidades de adecuarse a los requerimientos de cada estación climática. Kurbán *et al.* (2002) mencionan que el diseño urbano bioclimático de los

espacios verdes no puede regirse por las normas internacionales actuales si no que deben realizarse estudios particularizados que contemplen las especies adaptadas al suelo y al clima, su permeabilidad a la radiación solar estacional, el diámetro de su copa en edad adulta y la altura de fuste.

Con los resultados de disminución de temperaturas gracias a la cobertura vegetal las áreas verdes son elementos importantes para la mitigación de este fenómeno, además si se sustituyen las superficies del pavimento por materiales porosos para aumentar la infiltración de agua y reducir la retención de calor el fenómeno de la isla se verá reducido (Romero, Salgado y Smith, 2010; EPA, 2008; Santillán-Soto *et al.*, 2015; EPA, 2017). En ciudades con climas áridos implementar este tipo de estrategias es relevante, pues tener una ciudad fresca en sitios genera el fenómeno oasis, el cual se presenta en las ciudades que fueron planeadas con áreas verdes y fuentes de humedad, lo que provoca «islas de frescor» con respecto al clima cálido presente en las zonas que la rodea (García, 2018).

3.2.2.3 Ruido

En las ciudades la contaminación acústica es un fenómeno evidente, el ruido proviene del tránsito vehicular en las vialidades, la construcción, el paso de aviones y trenes, las industrias, cortadores de césped, sopladoras de hojas y también la música contribuyen a este fenómeno (Pareyón, 2015; Parris, 2016). De acuerdo con la OMS, en 1995 el 40 % de la población de la Unión Europea está expuesta a una presión sonora que supera los 55 decibeles de onda A (dB A) durante el día y un 20 % a más de 65 dB A, mientras que durante la noche más del 30 % está expuesto a niveles mayores a los 55 dB A, lo que trastorna el sueño (OMS, 1999).

La exposición constante a niveles de audio altos es perjudicial para la salud, puede afectar el rendimiento laboral (Maqueda *et al.*, 2010)²⁹, se relaciona con la hipertensión arterial, la fatiga, la calidad del sueño, problemas de memoria y atención, generar estrés y afectar la calidad de vida (Maqueda *et al.*, 2010). Se ha demostrado que una exposición constante al ruido aumenta los niveles de cortisol, los niveles de glucosa en sangre, la presión arterial, y se desencadenan las peores consecuencias del estrés crónico (Pescador, 2019).

²⁹ La OMS establece un máximo de 85 dB A en un horario laboral de 8 horas al día. Una exposición de 100 dB A es segura durante un máximo de 15 minutos.

El ruido excesivo también afecta a los animales, por lo que es parte de los indicadores ambientales en las evaluaciones de impacto ambiental (SEMARNAT, 2005), por lo que la OCDE establece valores de niveles de ruido 65 decibeles de onda A (dBA) para el día y 55 dBA para la noche para las construcciones en los análisis de impacto (OCDE, 1993). En Madrid con base en los efectos del ruido en la población se estableció un límite máximo permisible de ruido de acuerdo con el uso de suelo (Tabla 27).

Tabla 27. Niveles máximos de audio permisibles por uso de suelo

Tipo de área acústica	Nivel límite de dB (A)		
	Día	Tarde	Noche
Sectores del territorio con predominio de suelo sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica	60	60	50
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial	65	65	55
Sectores del territorio con predominio de uso de suelo terciario distinto de recreativo y espectáculos	70	65	65
sectores del territorio de uso recreativo y espectáculos	73	73	63
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial	75	75	65

Fuente: día = periodo de 12 h que va de 7:00 – 19:00 h, tarde=periodo de 4 horas que va de 19:00 – 23:00, noche= periodo de 8 horas que va de 23:00 - 7:00 h

Fuente: MELISSA Consultoría e Ingeniería Ambiental S.L (2012)

Los valores de ruido de las áreas verdes se encuentran en la siguiente tabla, los valores más altos corresponden a zonas altamente transitadas por vehículos, algunos ladridos de perros que surgieron en la medición y a zonas del perímetro de las áreas verdes, mientras que los valores más bajos corresponden a las zonas del centro donde la cobertura de copa de los árboles es mayor (Tabla 28).

Tabla 28. Nivel de ruido de las áreas verdes

		Ruido (dB A)			
		Promedio	DS	Máximo	Mínimo
Lucio Cabañas	Mañana	57.02	25.5	30	89.1

	Tarde	56.35	20.17	39.4	81.9
Juan Lira	Mañana	57.93	24.42	30	89.1
	Tarde	ND	ND	41	63.1
Granja Graciela	Mañana	52.46	12.69	68.10	30.90
	Tarde	65.70	25.45	89.00	42.40
Silvestre Dorador	Mañana	59.50	12.41	86.00	35.30
	Tarde	60.53	13.22	87.50	48.60
Insurgentes	Mañana	81.50	32.90	116.50	37.60
	Tarde	73.50	28.89	110.30	35.60
Burócrata	Mañana	74.41	18.01	109.00	50.10
	Tarde	74.43	17.81	107.60	50.20
Jardín Juárez	Mañana	63.65	31.69	112.90	32.90
	Tarde	61.19	24.72	114.60	32.60
Jardín Hidalgo	Mañana	62.33	11.48	81.90	50.10
	Tarde	61.53	17.74	86.30	34.70
Las fuentes	Mañana	62.30	37.14	31.10	108.90
	Tarde	60.40	22.92	31.80	86.80
Chulas Fronteras	Mañana	49.96	6.06	60.90	42.80
	Tarde	53.14	14.45	85.50	42.00
SAHOP	Mañana	61.23	32.67	109.00	31.20
	Tarde	65.94	31.57	109.10	31.50
Jardines de Durango	Mañana	66.53	36.43	116.30	30.60
	Tarde	64.25	26.74	88.20	32.70

ND = No determinado

Fuente: elaboración propia.

Generalmente las lecturas más altas de la mañana corresponden a los perros debido a que los sacan a pasear en un horario donde la temperatura es agradable, en el caso del Jardín Juárez se debe al ruido de la escuela que está en frente. También se considera un crecimiento de la movilidad por traslados al trabajo y el deporte. Los valores altos de la tarde corresponden principalmente al tránsito vehicular.

Insurgentes y Burócrata presentan los dB más altos debido a su ubicación frente a zonas altamente transitadas, incluso por la mañana. Chulas Fronteras está ubicada en una colonia joven (15 años aproximadamente), por lo que el promedio del nivel de ruido no rebasa los 54 dB A, los valores máximos los registro debido al ruido de los niños que jugaban

alrededor. De manera general ninguna lectura mayor de 85 dB tuvo una duración mayor de 3 minutos, por lo que se consideran niveles tolerantes de ruido dentro del área residencial. Esto tiene implicación en la posible re densificación de la ciudad donde se deberán establecer límites permisibles para una adecuada convivencia, además de implementar actividades que promuevan el uso de parques y la cohesión social (Pareyón, 2015).

La OMS establece efectos cuantificables del ruido sobre el sueño a partir de 30 dB A, interferencias en la comunicación oral por encima de los 35 dB A; perturbaciones en el individuo a partir de los 50 dB A; efectos cardiovasculares por exposición a largo plazo al ruido de 65-70 dB A y una reducción de la actitud cooperativa y un aumento en el comportamiento agresivo en individuos predispuestos a la agresividad por encima de 80 dB A, así como una relación entre exposición a ruido y alteraciones hormonales que conlleva a un desequilibrio en el sistema endocrino e inmune (OMS, 2015).

Con base en lo anterior se determinó que el ruido ambiental incide riesgos y comportamientos en la población, en consecuencia, aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares, afecta la capacidad de aprendizaje de los niños, puede provocar o empeorar la depresión y la ansiedad en los adultos y afecta el sueño (Maqueda *et al.*, 2010; Pescador, 2019).

3.2.3 EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN

3.2.3.1 Superficie permeable y densidad arbórea total

La evaluación de la vegetación se realizó con base en la estructura arbórea y con la diversidad de la comunidad (cada área verde se entenderá como una comunidad). La primera parte corresponde a los análisis del suelo seguidos del listado de especies encontradas en los parques. La vegetación que se consideró es arbórea debido a que sólo se realizó un muestreo, sin embargo, no se descartan los beneficios de la vegetación arbustiva y pastos para futuras evaluaciones y gestión de las áreas verdes. Con base en los datos de cobertura de la copa de los árboles se estimó la superficie de cubierta de vegetación por área verde analizada. En la siguiente tabla se muestra la relación de la cobertura vegetal con la población total de árboles muestreados es de 1 676 individuos (Tabla 29).

Tabla 2929. Superficie permeable de las áreas verdes en parques de la ciudad de Durango

Clasificación de UGI (m ² /hab)	Nombre de la colonia	Población (habitantes)	Área de la infraestructura seleccionada (m ²)	Cobertura de copa de los árboles (m ²)	Porcentaje de la cobertura vegetal (%)	Número de árboles
1	Lucio Cabañas	3617	1206	1418.33	117.61	51
1	Juan Lira	4713	2719	661.96	24.35	104
1	Granja Graciela	1283	1387	781.35	56.33	47
2	Silvestre Dorador	2251	2988	1269	42.47	70
3	Insurgentes	2849	1435	510.05	35.54	62
3	Burócrata	818	4264	1154.6	27.08	61
3	Jardín Juárez	4041	3840	846.32	22.04	254
3	Jardín Hidalgo	20177	2315	624.75	26.99	116
4	Las Fuentes	2225	5270	902.93	17.13	189
4	Chulas Fronteras	498	3866	337.18	8.72	67
5	SAHOP	801	13996	550.25	3.93	196
5	Jardines de Durango	5746	12904	447.12	3.46	459
Promedio		4084.92	4682.50	791.99	32.14	139.67
Mínimo		498.00	1206.00	337.18	3.46	47.00
Máximo		20 177.00	13 996.00	1418.33	117.61	459.00
Desviación estándar		5333.03	4285.87	340.49	31.06	121.09

Fuente: Elaboración propia

Con base en la estimación de Blancarte (2016), se pierde un 28.6 % de la superficie debido al equipamiento urbano, finalizando con un promedio de 2.89 m² hab⁻¹. En la muestra se tiene una cobertura de copa promedio del 32 ± 31 % con 139 ± 121 árboles por área verde. La desviación de los datos es considerable y esto se debe a que hay espacios con mucha vegetación joven, o bien, el estado de salud de su copa está dañado, faltándole cobertura a

alguno de los lados, es importante resaltar que el monitoreo de la salud de los árboles es fundamental, dado que el ritmo de la ciudad y las condiciones ambientales como condiciones de estrés también les afecta y reduce su periodo de vida (Müller *et al.*, 2013).

También se observaron algunas hojas de árboles con moteo clorótico, el cual indica una contaminación por ozono troposférico, estos casos fueron abundantes en las áreas cercanas a zonas altamente transitadas y en los espacios que están cerca del centro histórico como el Jardín Juárez. Este es un indicador importante ya que nos revela la presencia de un contaminante importante para la salud de la vegetación y para la población, ya que provoca estrés oxidativo y es producto de la alta concentración de otros contaminantes (OMS, 2005).

La falta de superficie permeable en las ciudades genera problemas en época de lluvia, el volumen de agua es desperdiciado al incorporarse al sistema de drenaje, el cual se ve sobrepasado en su capacidad. Además, este volumen de agua podría ser utilizado para recargar el manto acuífero de la ciudad.

3.2.4 ÍNDICES DE DIVERSIDAD

Con respecto a la diversidad, ésta es una propiedad de las comunidades, determina la variedad de especies que se presentan. Los índices son comunes en el campo de la Ecología. El cálculo de los índices se realiza para caracterizar a la comunidad con base en su población. Para determinar la diversidad se necesita conocer el número de especies presentes en la comunidad (riqueza de especies) y la abundancia de los individuos (número de individuos) que la conforman (equitabilidad) (Forman, 2008). Se han elaborado diversos índices para determinar la diversidad, basados en la integración de otros índices: riqueza de especies y equitabilidad. Una de las principales críticas a estos índices de diversidad es que integrar los valores de riqueza y equitabilidad confunden el conjunto de variables que caracterizan la estructura de la comunidad.

3.2.4.1 Índices de riqueza específica

La riqueza específica se refiere al número de especies presentes en una comunidad. En la Ecología es común hacer una inferencia del número total de especies con una muestra, sin embargo, al tratarse de los parques urbanos trataremos cada parque como una unidad completa, además se agruparon algunas especies con respecto a su género debido a que no



se llegó a la determinación a nivel de especie (Anexo 5). Con respecto al número de individuos por especie se denota como la riqueza específica, mientras que la abundancia relativa es el porcentaje de la abundancia respecto al total de individuos (equitabilidad).

3.2.4.2 Índices de diversidad

Para determinar la diversidad se utilizó el índice de Simpson (1949) y el índice de Shannon – Wiener. El índice de Simpson fue el primero en utilizarse en la ecología, derivado de él se expresa la probabilidad de encontrar dos individuos de la misma especie en dos sustracciones sucesivas al azar y sin reposición (S_{ID}). Este índice da un peso mayor a las especies abundantes subestimando las especies raras; su valor se encuentra entre 0 (baja diversidad) y hasta un máximo de $[1 - 1/S]$ (Reyes y Torres-Florez, 2009).

El índice de Shannon – Weaver (H') expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies. Ese índice adquiere valores entre cero (cuando hay solo una especie), y el logaritmo de S (cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos) (Magurran, 1988). La unidad se expresa como bits ind^{-1} (logaritmo base 2) aunque puede emplearse otra base como e (nits ind^{-1}) o 10 (decits ind^{-1}). Es el más utilizado en la ecología de comunidades.

3.2.4.3 Índice de equitabilidad

El índice de equidad de Pielou (J') se utiliza para medir la proporción de la diversidad observada en cada parque con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma del 1 corresponde a situaciones donde todas las especies con igualmente abundantes (Reyes y Torres-Florez, 2009). El índice de Sheldon (1969), es una forma exponencial del índice de equidad de Pielou.

3.2.4.4 Índice de Diversidad de Hill

La comparación entre los índices anteriores es difícil debido a que las **unidades de estudio** no coinciden. Es por eso que Hill (1973) sugirió realizar transformaciones matemáticas para obtener los números de diversidad. La unidad de estos números son números de especies, miden lo que se denomina el número efectivo de especies presentes en la muestra, y son una medida del grado de distribución de las abundancias relativas entre las especies, este índice no se ve afectado por la riqueza de las especies. N_0 es el «número de total de especies» de la

muestra; N1 es el «número de las especies abundantes» y N2 es el «número de las especies muy abundantes» en la muestra. Es decir que el número efectivo de especies es una medida del número de especies en la muestra donde cada especie es ponderada por su abundancia ($N_0 > N_1 > N_2$).

Tabla 30. Tabla resumen de índices por parque.

	S (N0)	N	R ₁	R ₂	D _{SI}	1-D _{SI}	H'	E _{She}	J'	N1	N2	E _{hi}
Lucio Cabañas	9	51	2.035	1.260	0.120	0.880	0.269	0.134	0.085	1.309	8.351	6.380
Juan Lira	17	104	3.445	1.667	1.903	-0.903	0.792	0.102	0.194	2.207	0.526	0.238
Las Fuentes	23	189	4.197	1.673	5.804	-4.804	1.419	0.116	0.314	4.132	0.172	0.042
Insurgentes	14	62	3.150	1.778	1.767	-0.767	0.495	0.101	0.130	1.640	0.566	0.345
SAHOP	16	196	2.842	1.143	1.841	-0.841	1.238	0.147	0.310	3.450	0.543	0.157
Silvestre Revueltas	16	70	3.531	1.912	0.409	0.591	0.700	0.102	0.175	2.014	2.445	1.214
Burócrata	14	61	3.162	1.793	2.041	-1.041	0.132	0.078	0.035	1.141	0.490	0.429
Jardín Juárez	19	254	3.251	1.192	1.494	-0.494	1.815	0.185	0.427	6.142	0.669	0.109
Chulas Fronteras	16	67	3.567	1.955	3.161	-2.161	1.070	0.131	0.268	2.916	0.316	0.108
Jardines de Durango	40	459	6.363	1.867	14.825	- 13.825	4.025	0.407	0.756	55.985	0.067	0.001
Granja Graciela	7	47	1.558	1.021	0.126	0.874	0.235	0.168	0.084	1.265	7.916	6.257
Jardín Hidalgo	11	116	2.104	1.021	2.446	-1.446	1.073	0.191	0.310	2.923	0.409	0.140

S = Número total de especies; N = Número total de individuos; R₁ = Índice de Margalef; R₂ = Índice de Menhinick; D_{SI} = Índice de Simpson; 1-D_{SI} = La probabilidad de encontrar a dos individuos de la misma especie en dos sustracciones sucesivas, al azar y sin reposición; H' (bits/ind) = índice de Shannon-Weaver; E_{She} = Índice de Sheldon; H'; J' = Índice de equitabilidad de Pielou; N1 = Índice de Shannon-Weaver con ln; N2 = 1/índice de Simpson; E_{hi} = índice de equitabilidad de Hill

Fuente: Elaboración propia

Las áreas que pertenecen a la clasificación 1(0.01 – 2.24 m² hab⁻¹, ver en Selección de áreas verdes) son: la colonia Lucio Cabañas, destaca la dominancia del trueno (37 %), seguida del pino (31 %) que juntas conforman más del 65 % de los individuos del parque. El



área de Juan Lira tiene al cedro como género dominante (34 %) seguida del pino (17 %), ambos conforman el 50 % de la población. Finalmente, Granja Graciela tiene una predominancia de fresno (48 %), la cual predomina con cerca de la mitad de la población y el pino (34 %), que corresponden al 80 % del total.

La clasificación 2 (2.25 – 4.49 m² hab⁻¹): sólo se integra por la colonia Silvestre Revueltas; donde el 25 % de la población corresponde a ficus, seguido del fresno y el pino con 15 y 14 %, respectivamente. Aun así más del 50 % de la población está concentrado en 3 géneros.

Para la clasificación 3 (4.50 – 6.74 m² hab⁻¹): la colonia Insurgentes presenta una dominancia del 50 % de la población en un solo género, el fresno. Las demás especies se mantienen con una baja frecuencia comparable, de la cual destaca el cedro con un 9 %. Burócrata está dominado por el pino con un cuarto de la población (24 %), seguido del fresno con un 18 %. Justo a la mitad de las áreas analizadas las siguientes corresponden a la clasificación más alta con respecto a la densidad arbórea. El Jardín Juárez denota la dominancia del pino con un 33 %, le sigue la mora con un 16 %, el fresno, cedro y el trueno con un valor cercano al 9 % cada uno. El Jardín Hidalgo es el último en integrar la clase 3, está representado principalmente por el trueno (62 %), el cedro que le sigue en abundancia representa el 11 %.

Las últimas clases están representadas con dos áreas cada una. La clasificación 4 (6.75 – 9.00 m² hab⁻¹) corresponde a Las Fuentes, el cual tiene al fresno como el grupo dominante con un 30 %, seguido del trueno (18 %), la palma canaria (10 %) y el cedro (7 %). A pesar de considerarse un área grande, Chulas fronteras tiene una vegetación joven, lo que resalta la importancia de este tipo de análisis. Predominan los fresnos con un 44 % seguido de los encinos (22 %), fuera de estas especies las demás tienen una baja abundancia.

En la clase 5 (> 9.00 m² hab⁻¹) predomina el eucalipto; SAHOP lo representa con un 37 %, seguido del fresno y el pino con 22 % y 11 %, respectivamente. Mientras que Jardines tiene un 18 % de eucalipto, el trueno y el pino le siguen con 14 y 11 %, respectivamente. Estas tres especies apenas alcanzan el 40 %.

Las especies dominantes (con porcentajes mayores al 25 %) restan variabilidad en las áreas verdes sumado a que también suelen ser exóticas y no estar adaptadas a épocas de sequía. Las especies que deben de integrarse en un proyecto ecológico dependen del listado florístico de la bioregión, lamentablemente la autorización del listado del proyecto depende del atractivo visual que tienen las plantas nativas sobre las exóticas (López de Juambelz, 2008), configurar una relación que integre ambos elementos se vuelve una cuestión social, histórico y social. Además, se determinaron los siguientes índices:

Con base en los datos de la tabla anterior destaca que Jardines de Durango tiene una mayor diversidad de especies en comparación con los otros parques. Por lo que hay parques donde el índice de diversidad es negativo.

Finalmente, se utilizó el coeficiente de similitud de Jaccard, el cual expresa el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas, por lo que es una medida inversa de la diversidad (Pielou, 1975 citado en Reyes y Torres-Florez, 2009). El intervalo de valores de este índice va de 0 (donde no hay especies compartidas) y 1 (donde ambas tienen la misma composición de especies) como se observa en la siguiente tabla (Tabla 30).

Tabla 30. Coeficiente de similitud de Jaccard (J) de especies por parque.

PARQUE	Lucio Cabañas	Juan Lira	Las Fuentes	Insurgentes	SAHOP	Silvestre Revueltas	Burócrata	Jardín Juárez	Chulas Fronteras	Jardines de Durango	Granja Graciela	Jardín Hidalgo
Lucio Cabañas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Juan Lira	0.44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Las Fuentes	0.28	0.48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Insurgentes	0.35	0.55	0.48	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SAHOP	0.32	0.43	0.39	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-
Silvestre Revueltas	0.32	0.74	0.34	0.5	0.39	-	-	-	-	-	-	-
Burócrata	0.44	0.48	0.32	0.4	0.36	0.43	-	-	-	-	-	-
Jardín Juárez	0.4	0.57	0.5	0.38	0.35	0.52	0.43	-	-	-	-	-
Chulas Fronteras	0.14	0.18	0.22	0.2	0.19	0.23	0.11	0.25	-	-	-	-
Jardines de Durango	0.23	0.33	0.37	0.26	0.3	0.37	0.23	0.4	0.27	-	-	-
Granja Graciela	0.23	0.2	0.2	0.24	0.28	0.21	0.24	0.18	0.21	0.18	-	-
Jardín Hidalgo	0.25	0.33	0.21	0.25	0.17	0.17	0.25	0.36	0.13	0.16	0.2	-

Fuente: Elaboración propia

El índice de similitud de Jaccard indica que no hay algún parque con cero similitud lo cual significa que todos los parques comparten al menos una especie, solo dos parques coinciden con el 0.74 de las especies (Juan Lira y Silvestre Revueltas) pero ningunos coincide completamente (Tabla 35). Jardines de Durango es el parque que presento una mayor diversidad, sin embargo, no coincide con un parque a más del 40 %. Los parques que tuvieron la menor similitud son Chulas fronteras y Burócratas, solo coinciden en un 11 %.

Finalmente, las especies que tienen una mayor abundancia son especies exóticas, muchas de ellas han sido domesticadas en el país por su resistencia a climas adversos, sin embargo, fomentar el uso de este tipo de especies deja en detrimento la diversidad en la ciudad. Además, homogeniza el tipo de especies nativas presentes debido a la competencia por el nicho ecológico (a nivel genético, taxonómico y funcional). Este problema es propio de las áreas verdes de las ciudades, resaltando pérdidas de hasta un 60 % en algunas (Kowarik, 2008; Müller *et al.*, 2013).

3.2.5 ACCESIBILIDAD

Retomando los datos recabados se estimó el UGI³⁰ promedio para las áreas estudiadas, resulto ser de $7.18 (\pm 7.22) \text{ m}^2 \text{ hab}^{-1}$ ³¹, sin embargo, existen colonias donde el índice no tiene ni dos metros cuadrados por habitante (Lucio Cabañas, Juan Lira y Granja Graciela) mientras que otras pasan de los veinte $\text{m}^2 \text{ hab}^{-1}$ (SAHOP y Jardines de Durango), esto muestra que no hay una distribución equitativa de la infraestructura³². Blancarte (2016) estimó un UGI de

³⁰ El número de $\text{m}^2 \text{ hab}^{-1}$ no da indicio de la distribución y la calidad de la vegetación de las áreas verdes (de la Barrera, Reyes-Paecke y Banzhaf, 2016), sin embargo, se ha convertido en un referente para comparar la cantidad de vegetación destinada para la población.

³¹ Guayaquil, Ecuador reporta un índice de $1.13 \text{ m}^2 \text{ hab}^{-1}$; Vitoria-Gasteiz, España; $20 \text{ m}^2 \text{ hab}^{-1}$; Boston, USA tiene $16.3 \text{ m}^2 \text{ hab}^{-1}$ desde el siglo XIX ha creado identidad cultural; Curitiba en Brasil la cual reporta $51 \text{ m}^2 \text{ hab}^{-1}$, debido a políticas implementadas desde 1970 (Godoy, Luisa y Villegas, 2016).

³² Algunas ciudades han agregado otro indicador para asegurar provisión adecuada de las áreas verdes. La ciudad de Berlín provee $6 \text{ m}^2 \text{ hab}^{-1}$ (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung y Umwelt, 2013 citado en Kabisch *et al.*, 2016), y Leipzig (otra ciudad alemana) $10 \text{ m}^2 \text{ hab}^{-1}$, además el gobierno alemán recomienda que cada ciudadano debe tener disponible un área verde de al menos 0.5 ha a una distancia de 500 m de su hogar (City of Leipzig, 2003 citado en Kabisch *et al.*, 2016). En Reino Unido el gobierno recomienda tener un área verde de al menos 2 ha a una distancia de 300 m de casa (Handley *et al.*, 2003 citado en Kabisch *et al.*, 2016). Holanda recomienda que los residentes puedan disponer de cualquier área verde a 500 m del hogar (Roo, 2011 citado en Kabisch *et al.*, 2016). Y la agencia europea recomienda que los ciudadanos estén a una distancia de 15 minutos caminando (aproximadamente 900 - 1000 m) (Stainer y Bourdeau, 1995 citado en Kabisch *et al.*, 2016). Relacionado con la distancia de la residencia y las áreas verdes se ha determinado que puede tener una reducción



4.05 m² hab⁻¹ para la ciudad. Durante el primer maratón de reforestación se reportó un aumento a 6.2 m² hab⁻¹ en junio del año pasado (Hernández, 2019) con tujas, truenos y pinos.

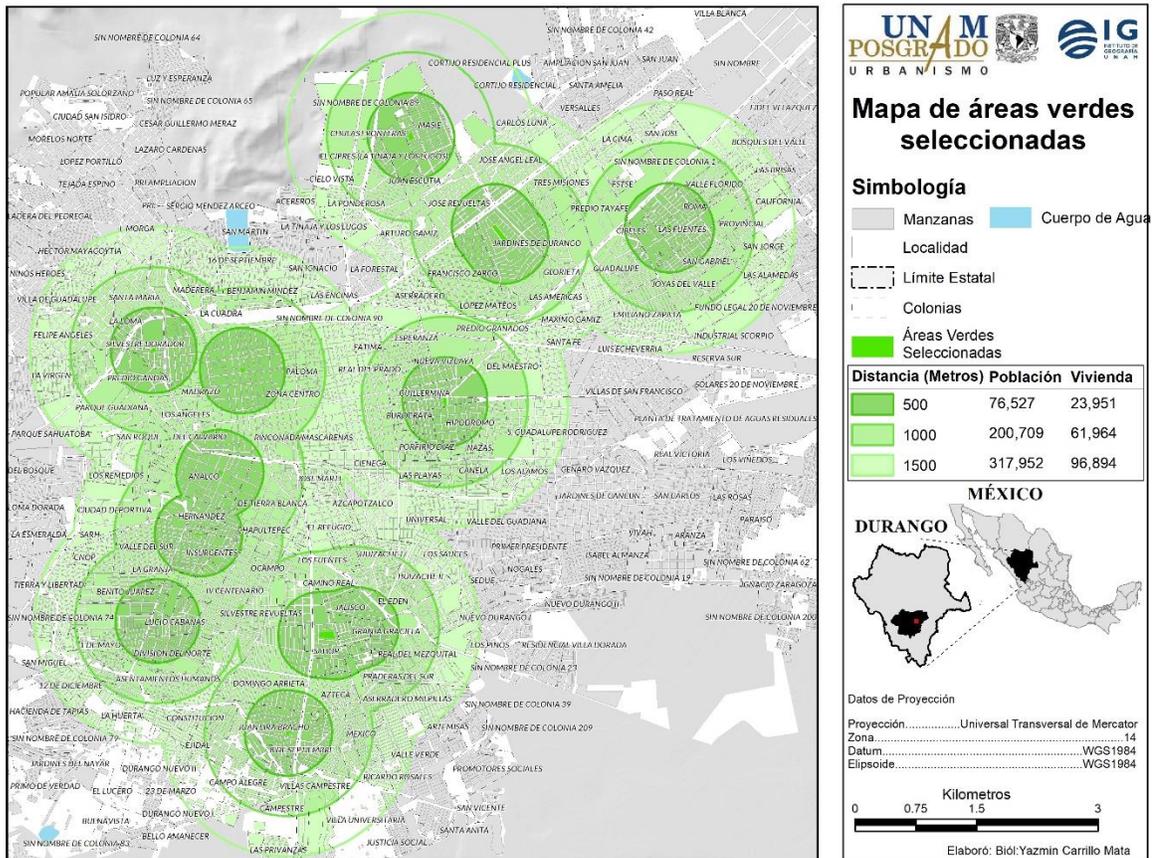
Algunas ciudades han agregado otro indicador para asegurar la provisión adecuada de las áreas verdes. La agencia europea recomienda que los ciudadanos estén a una distancia de 15 minutos caminando (aproximadamente 900 - 1000 m) de las áreas verdes (Stainer y Bourdeau, 1995 citado en Kabisch *et al.*, 2016)³³, por lo que en el siguiente mapa se muestra la cobertura de accesibilidad que las áreas verdes evaluadas tienen en radios de 500, 1000 y 1500 m mientras que en la tabla se muestra el área el número de viviendas y la población que vive dentro del área marcada (Mapa 7).

Cabe resaltar que a la distancia de 1 km hay áreas que convergen entre los parques, por lo que unirlos por medio de andadores ecológicos sería importante para tomar en cuenta en las siguientes intervenciones hacia una movilidad sustentable, donde se prioriza el confort del peatón y de los ciclistas, cabe resaltar que en la ciudad hay un uso intensivo del automóvil, la creación de ciclovías es un tema incipiente que se ha estado abordando de la mano de los parques lineales en los proyectos de la dirección de desarrollo urbano (Arq. Alberto Pérez, comunicación personal, 28 de septiembre de 2020). Otro aspecto relevante es que el área cubierta por los 1000 m de los parques alberga cerca del 30 % de la población total de municipio y el área de 1500 m al 48 %.

del 4 % en la mortalidad por cada incremento de 0,1 en el UGI a 500 metros o menos de la residencia (Rojas-Rueda, Nieuwenhuijsen, Gascon, Perez-Leon y Mudu, 2019).

³³ Cabe mencionar que esta disponibilidad es de distribución y no de acceso, es decir, que puede que estas áreas verdes estén dentro de perímetro recomendado pero al mismo tiempo ser espacios privados.

Mapa 7. Buffer de accesibilidad por parque



Fuente: Elaboración propia con base en el marco geoestadístico del INEGI (2019), USGS, (s.f.) y el Inventario Nacional de Vivienda (2016)



DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Con base en la revisión a planeación de espacios verdes e infraestructuras verdes va más allá de un diseño estético. Es un proceso complejo que los proyectos arquitectónicos y urbanísticos deben considerar. Las áreas verdes proveen múltiples beneficios, y en la ciudad tienen potencial para el desarrollo de ecosistemas dinámicos ambiental y socialmente (MEA, 2003). Por ello se deben incorporar diseños que se inserten de la mejor manera ambiental y con base en las necesidades socioeconómicas. De acuerdo con Voghera y La Riccia (2019) los proyectos deben incorporar lo siguiente:

1. Transponer los elementos de una red ecológica a nivel regional y verificar la implementación y la posible expansión a nivel local (el proyecto de red debe convertirse en una parte integral de la visión territorial).
2. Definir las modalidades apropiadas de intervención que favorezcan el uso natural de las áreas incluidas en la red.
3. Hacer la red ecológica local también a través de la institución de modelos de igualación urbana y territorial dando prioridad a la protección de las zonas de ríos y tierras públicas.
4. Garantizar la inclusión correcta de los trabajos de construcción permitidos y la prohibición de la eliminación definitiva de árboles y formaciones de arbustos, incluidas hileras, setos, etc.
5. Definir compensaciones y medidas de mitigación de los impactos derivados de las transformaciones urbanas, de acuerdo con los objetivos de mejorar la red ecológica local y la calidad del paisaje.

La vegetación es un elemento importante dentro de las ciudades, sin embargo, no se ha considerado entender el rol que juegan dentro de la urbe y sus requerimientos, así como las características de la población y el tamaño del espacio que se necesita para la vinculación de estos elementos. Los instrumentos de gestión no toman en cuenta que las áreas verdes son sistemas con organismos y requerimientos específicos. Como un primer acercamiento de los mecanismos de evaluación de la vegetación para usarlos como herramienta de la gestión de los parques nos indica que hay un desfase en la recopilación de la información adecuada. La capacitación y la ejecución de los métodos pertinentes durante la operación, mantenimiento



y evaluación de la vegetación de las áreas verdes no es guiada óptimamente entre las tres dependencias debido a una posible falta de coordinación (este es un tema de la administración pública y no de la plantilla actual).

La construcción de fraccionamientos y los asentamientos irregulares también han tenido que ver en la situación de áreas verdes. La dirección de desarrollo urbano del municipio menciona que el municipio cuenta con 406 colonias irregulares, pocas reservas de suelo urbano, por lo que se incentiva la producción de vivienda vertical en proyectos de fraccionamientos y en el área central de la ciudad (Arq. Alberto Pérez, comunicación personal, 28 de septiembre de 2020).

El reglamento de parques y jardines de la ciudad de Durango considera muchas de las especies con alta demanda hídrica. Técnicamente muchas de las especies presentes concuerdan con lo establecido en el reglamento, sin embargo, las que tienen mayor densidad en las áreas verdes son aquellas que demandan mayor agua. Los resultados de las variables derivadas de este estudio han resaltado la importancia de mantener la calidad y salud de la vegetación, lo cual debe ser prioridad en el instrumento. Si bien no se llega a determinar una relación directa entre la temperatura y el ruido con las especies específicas por parque, se considera que recopila información de otros estudios que desarrollan correlaciones entre las variables y la vegetación, así como algunas ciudades con información detallada de las medidas dasométricas y estado de salud de los árboles de la ciudad.

Planear espacios para el beneficio de la población implica la participación interdisciplinaria de diversos ejes; el gobierno, los ciudadanos, académicos y otros elementos especializados. Ahora bien, todo derecho conlleva una responsabilidad, por lo que la permanencia de estos servicios en la colonia se complementa con una gestión de manera local, así estos espacios podrán prosperar a pesar del cambio administrativo. Si bien, muchas veces no se tienen los conocimientos adecuados, una participación conjunta podría brindar capacitaciones para mantener la infraestructura en buenas condiciones para la población, actualmente la administración 2019 – 2021 está promoviendo la adopción de árboles en la población como parte de las estrategias ambientales para crear conciencia ambiental, además de realizar campañas de reforestación (Francisco Franco, comunicación personal, 23 de septiembre de 2020).



Durante el levantamiento de datos en las visitas realizadas en los parques algunas personas se acercaron a preguntar por la actividad realizada debido al interés que tienen en estos espacios. Su mayor preocupación se debía al derribo de algún árbol, incluso si éste no estaba en buen estado de salud. Con base en la experiencia se notó que la mayoría de los parques (visitados) están bajo la vigilancia de algunos habitantes. De éstos solo uno presenta un comité organizado (Lucio Cabañas), mientras que otros están vigilados por algún vecino que ha adoptado una porción del parque para cuidarlo y plantar algunas especies (Las Fuentes y Chulas Fronteras).

Con base en estas conversaciones se conoció que el área verde de la colonia Juan Lira tiene visitas quincenales por parte del mantenimiento municipal y tuvo una intervención en los últimos años como parte de un programa de recuperación de espacios públicos. El área verde de Las fuentes es visitada cada dos meses aproximadamente por el mantenimiento municipal, algunos vecinos adoptaron unas secciones del parque para su riego, sin embargo no es suficiente para cubrir toda la superficie. Las fuentes también tuvo una intervención para la recuperación del espacio, principalmente en el centro del área donde se colocaron hules debajo del suelo, lo que deterioro algunos individuos arbóreos y, se incorporó mobiliario para niños. Con base en las observaciones de un vecino dicha mejora cautivó a vecinos de otras colonias los cuales aceleraron el deterioro del mobiliario, debido al mal manejo de las instalaciones; no solo dejaban residuos en los alrededores del parque incluso robaron árboles y llaves de las tomas de agua.

Las áreas de las colonias Burócratas e Insurgentes se encuentran frente a calles altamente transitadas por lo que las visitas de mantenimiento son frecuentes, al igual que el Jardín Hidalgo, y el Jardín Juárez que se encuentran en el centro de la ciudad. Estos aspectos se confirmaron con la entrevista realizada con el subdirector de servicios públicos de la administración anterior (2017 - 2019) (Marco Pérez, comunicación personal, 23 de septiembre de 2020) y actual integrante de la dirección de medio ambiente (2019 – 2021).

La elaboración de este análisis técnico de las áreas verdes fue una exploración que considera diversas variables importantes para la toma de decisiones adecuadas a cada lugar y para trascender en el tiempo de apoyo para la planeación y gestión urbana. Relacionar instrumentos de dos disciplinas como el Urbanismo y la Biología es fundamental para el éxito

de los espacios con vegetación. Las plantas son organismos vivos y tomar en cuenta las características de las especies, así como sus necesidades establecerá pautas para desarrollar la gestión de las áreas verdes con eficiencia, al contemplar el ciclo de vida adecuado para la vegetación, pues al igual que la población vivir en la ciudad las somete a estímulos de estrés.

La conservación de las áreas verdes dentro de la ciudad va de la mano con la planeación, la cual se encarga de preservar áreas para ella como parte de la imagen y de una rehabilitación ecológica en la ciudad (Voghera y La Riccia, 2019). Las variables atmosféricas se ven influenciadas por la cobertura vegetal lo que muestra resultados a favor de la vegetación, por lo que extender y mejorar las áreas verdes proveerá beneficios en la ciudad. Con base en esto debemos tener en cuenta que hay datos relevantes para la futura toma de decisiones de la ciudad. Las siguientes recomendaciones se basan en los requisitos y la información de las fichas técnicas de cada una de las especies, así como los datos recabados del suelo y la estructura arbórea, se deben complementar los estudios de diversidad para los estratos herbáceo y arbustivo.

Proporción de diversidad

La selección de especies debe mantener la diversidad de especies, sin embargo, ninguna especie debería sobrepasar el 10% de representatividad. En las áreas verdes evaluadas no hay ninguna que cumpla con este requisito, sin embargo, en todas al menos una especie representa del 18% al 60% del total cuando hay especies que no representan ni el 1%.

Especies exóticas

Una adecuada selección de especies debe considerar un mínimo de 50 % de especies nativas o bien adaptadas al clima y menos de 25% de especies no nativas o naturalizadas excluyendo las plantas y/o malezas que representan alguna enfermedad relevante (Voghera y La Riccia, 2019). Dentro de las áreas evaluadas se tiene una proporción del 90 % para las especies exóticas. Esto se relaciona con la disposición en los dos viveros con los que cuenta el municipio, en el cambio administrativo se detectaron especies de tabachin (*Caesalpinia pulcherrima*), flamboyán (*Delonix regia*), ficus (*Ficus* spp) y laurel (*Laurus nobilis*) y algunas acacias no adaptadas (*Acacia* spp) (Arq. Alberto Pérez, comunicación personal, 28 de septiembre de 2020).

Especies de uso restringido

Con base en las características y necesidades de las plantas, ésta categoría tiene especies que tienen potencial de invasoras, las cuales deben restringirse en la ciudad. Además, de las especies exóticas anteriormente descritas un 90% no están adaptadas al clima. Si bien, son especies ajenas al sitio también destaca que demandan mucha agua y corren el riesgo de morir por la falta de suministro o por el tipo de clima de la ciudad.

Por ejemplo, el género *Eucalyptus*, además de ser exótico tiene un régimen climático distinto. También alteran la disposición de nutrientes y liberan sustancias tóxicas para otras plantas (alelopatía), resultando ser también una especie invasora.

Los pastos/césped se clasifican en esta categoría al ser una especie sobre demandante de agua, se recomienda sustituirse por algunas otras especies tolerantes a sequías.

Pino duranguensis; no tolera las sequías, es una planta de clima templado que requiere suelos profundos (2 m). El presente estudio no realizó perfil de suelos para determinar la capacidad que estos puedan proporcionar a esta especie.

Cupressus spp, demanda clima húmedo.

Alnus acuminata, demanda un clima húmedo.

Salix humboldtiana, requiere climas húmedos.

Salix bonplandiana, requiere suelos inundables.

Araucaria araucana, exótica, con demanda considerable de agua.

Especies de uso moderado

Además de las características anteriores para la selección de la flora se deben tomar en cuenta las especies que deberían prohibirse y/o restringirse en el uso de algunos espacios públicos, ya sea por su potencial como: tóxicas para el consumo humano (principalmente con los niños) y alergénicas.

Melia azedarach es una especie adaptada y resistente a las condiciones de la ciudad, sin embargo, las flores y frutos tienen potencial tóxico relevante, pues los animales que llegan

a comer sus frutos mueren en 24 horas. Esta especie no debería estar cerca de espacios con actividades lúdicas o de recreación a los cuales los niños tengan un acceso fácil.

Taxodium mucronatum, requiere suelos profundos y mal drenados, ricos en materia orgánica con pH mayores a 7, no soporta las sequías.

Fraxinus uhdei, resiste heladas, pero no en los primeros años, tolera la sequía, sensible a la contaminación, tiene varios parásitos potenciales.

Schinus molle, exótica adaptada soporta sequías y heladas, formadora de suelo, es una especie con alelopatía y potencial de maleza.

Ficus spp, este género requiere mucha agua para su cuidado, no resisten bien a las sequías.

Ligustrum lucidum, exótica, demanda humedad constante, no resiste las sequías en suelos inundables, en la ciudad también se relaciona con la inseguridad debido a que se utilizaba como seto, proporcionan espacios para drogarse y para las personas sin hogar (Marco Pérez, comunicación personal, 23 de septiembre de 2020).

Platanus mexicana; requiere climas húmedos, tolera la contaminación.

Jacaranda mimosifolia, exótica, requiere riegos constantes y suelos profundos.

Callistemon citrinus; exótica adaptada, resiste heladas de 5 °C, requieren mucha luz y ventilación, suelos ácidos, requiere riego constante en verano.

Morus spp, exóticas, adaptadas a suelos ligeramente ácidos y neutros, su tolerancia de ppm se encuentra en la máxima reportada para la ciudad, no tolera suelos inundables y requiere fertilización constante.

Casuarina equisetifolia, exótica invasora, adaptada, requiere suelos alcalinos, tiene una simbiosis con fijadores de nitrógeno, controla la erosión del suelo, tiene potencial alergénico, se ha reportado potencialmente invasora en zonas costeras (Rentería, Atkinson, y Buddenhagen, 2007).

Alergénicas

El polen es el gameto masculino de las plantas anemófilas (polinización por medio del viento), los síntomas que generan son; inflamación de los ojos (conjuntivitis), de la nariz (rinitis) o del pulmón (asma). Las alergias más comunes de árboles por: cedro, álamo, fresno, roble, olmo, sicomoro, arce y ciprés, la estacionalidad de reproducción determina el tipo de alergia, por lo que se debe evaluar el tipo de vegetación que se debe plantar.

Seleccionar las especies adecuadas va más allá de lo estético. Además de las variables anteriores, se encuentran las intrínsecas al desarrollo del árbol como individuo. La ciudad somete a estrés a estos organismos por lo que la edad y el desarrollo del árbol en condiciones óptimas también se ve mermado. La edad de los árboles los clasifica en: recién plantado, estos individuos necesitan un suministro de agua regular para potenciar su crecimiento; joven, se encuentran en los procesos de formación de copa; maduro, su copa se encuentra formada, generalmente no tiene procesos de degradación visibles; viejo, presenta degradación radicular, y en la copa; decrepito, hay un deceso avanzado en la copa o bien, hay una estructura muy deteriorada. Algunas especies también son bioindicadoras, ya que son sensibles a la concentración de algunos contaminantes, tal es el caso del pino, el cual demostró la presencia de ozono troposférico en las colonias cercanas al centro de la ciudad.

Un árbol sano tiene como indicio una copa simétrica, el hecho de que esto no ocurra puede ser por una falta de elementos esenciales para su desarrollo, asimismo, un tallo delgado significa que el árbol está sometido a estrés o bien que no es capaz de acumular reservas para producir los componentes de defensa, los tallos solo crecen cuando la demanda de las hojas y raíces han sido satisfechas. La competencia por la luz, agua y nutrientes con otros organismos de la misma u otra especie es esencial para determinar la combinación de especies en un espacio.

Especies óptimas

Esta categoría se realizó con base en las características del suelo y del tipo de clima que las fichas técnicas mencionan de la vegetación.

Acacia farnesina, nativa, adaptada al sitio, recupera suelos degradados. Se considera maleza en pastizales.

Acer negundo, adaptada, resistente a cambios climáticos.



Cupressus lussitanica, adaptada, resistente a contaminación, sus factores limitantes son los edáficos, restaura suelos degradados

Washintonia robusta, nativa.

Quercus rugosa, nativa, formadora de suelo, para una restauración secundaria, árboles longevos. Contribuye a la infiltración, necesita suelos ácidos y someros. Tolera la contaminación.

Agave salmiana y *Agave applanata*; nativa y endémica.

Yucca spp, nativas, adaptadas, toleran temperaturas altas y heladas suaves, crecen en todo tipo de suelo.

Olea spp, exótica adaptada, soporta las heladas suaves y las sequías, necesita suelos con buen drenaje, no tolera el exceso de humedad, tolera la contaminación, suelos pobres.

Todas estas recomendaciones de especies tienen el fin de mantener las áreas verdes en condiciones de salud estable, cuando la vegetación está adaptada requiere menor cuidado al paso del tiempo. Esto se verá recompensado en menores costos de mantenimiento. Las áreas verdes de la ciudad no cuentan con el personal suficiente y cualificado para su cuidado. El reglamento de parques y jardines de la ciudad es del 2006, no ha tenido ninguna actualización y el listado de recomendaciones que tiene no tiene en consideración que la ciudad no cuenta con el agua suficiente para mantener especies ornamentales exóticas. Esto se confirma debido a que en los últimos años se ha cortado el suministro de agua para los parques en temporadas de sequía y se le ha quitado un pozo de agua al Parque de Guadiana y Sahuatoba para el uso de la población. Aunque el Reglamento del 2006 tiene lineamientos para el manejo de la poda y derribo de árboles, éste no estaba regulado por el municipio, ya que no se necesitaba un permiso para hacerlo, hasta la administración pasada que comenzó a implementar algunas acciones de arboricultura.

Si bien, las áreas verdes brindan diversos beneficios para la población, como: mejoría en la salud física y mental, aumenta la cohesión social, crea sentido de apropiación, brinda sitio a la recreación y la cultura, captura contaminantes ambientales e incluso podría tener aumento en la economía local siempre y cuando tengan condiciones **saludables**. El aspecto

económico-ambiental transforma monetariamente todos aquellos valores ambientales que el grosor verde aporta a la ciudad (de Groot *et al.*, 2010).

Con un buen manejo de las áreas verdes se pueden tener retribuciones económicas por el simple hecho de estar presentes, con la situación actual aún no es posible. Por ejemplo, los bosques americanos se han valorado 4 billones anuales en términos de agua y aire limpio por el aporte de los bosques urbanos. Adicionalmente, existen otros parámetros de servicios ecosistémicos como la medición de la cantidad de gases o partículas contaminantes que absorbe la vegetación, lo cual también se relaciona con la salud, y la mitigación de los efectos del calentamiento global y la isla de calor. También se han realizado modelos matemáticos para determinar tasas de remoción de contaminantes y captura de carbono, con ecuaciones alométricas basadas en la estructura y en la superficie foliar de la vegetación. La USDA (1994) estimó en 1991 que la cobertura de los árboles de Chicago removió 17 t de CO₂, 93 t de SO₂, 98 t de NO₂, 210 t de O₃, y 234 t PM (< 10 µm), además estos árboles también almacenaron 942,000 t de carbono (Alberti *et al.*, 2003).

Mejorar la calidad de las áreas verdes para migrar a un sistema de infraestructura verde permitirá que la vegetación capture partículas de contaminantes, lo que se verá reflejado en los gastos en salud pública. McPherson (s.f) del Center for Urban Forest Research estimó que cada árbol de copa grande en la ciudad reducía entre 80 y 120 dólares al año con base en: el ahorro de energía, la provisión de aire limpio, el manejo de agua de lluvia, la extensión de vida útil de calles y el incremento del valor de las propiedades. Lo que se compara con una inversión de 13 dólares por año en el mantenimiento de los árboles, dilucidando la rentabilidad que representan los árboles en las áreas verdes en términos de recursos naturales e infraestructuras. Asimismo, se ha estimado el costo de \$ 16 627.16 ha⁻¹ de mantenimiento de los bosques urbanos basados en la reforestación, restauración y mantenimiento (McPherson, s.f.).

Finalmente, la selección de plantas va de la mano del diseño y la planeación. Estos aspectos son complementarios y no son sustituibles entre sí, si alguno de ellos falta, las áreas verdes no prosperarán. Guillermo Bernal y Gabriela Matouskova (SEDATU, 2020) mencionaron las nuevas formas del espacio público y los parques después de la pandemia por SARS – COV – 2 y COVID – 19, resaltando la importancia de aumentar este tipo de



infraestructura en la ciudad ante la necesidad de mantener la «sana distancia». Integrar adecuadamente los servicios ecosistémicos, la valoración, planeación y toma de decisiones, nos permitirán integrar infraestructuras verdes, permanentes en el área urbana (de Groot *et al.*, 2010) y, con ello, mejorar la calidad de vida de la población.



RECOMENDACIONES

La implementación de la evaluación ecológica podría incrementar los ingresos del municipio y disminuir los gastos energético y de mantenimiento. La implementación de programas de construcción y estándares ecológicos con iniciativas de **construcción ecológica** para priorizar la salud humana y ambiental, sumada a la conservación de los recursos durante el ciclo de vida de un edificio para reducir las islas de calor (EPA, 2008). Esto se relaciona con la planeación y la participación ciudadana para gestionar los espacios, así como su mantenimiento en el sentido de apropiación del espacio junto con la conciencia ambiental.

La actualización del reglamento de parques y jardines de la ciudad de Durango es imperativa así como la implementación de otros instrumentos de política. Trabajar en conjunto con la academia garantizará una asesoría adecuada, las paletas vegetales que suelen usarse tiene como base un suelo prístino, en las ciudades las áreas verdes no suelen tener esta característica. Por lo anterior, debe contemplarse una serie de análisis que determinen las propiedades del suelo y lo ligen con la vegetación que puede sostener y una restauración del mismo. Hacer una evaluación exhaustiva y plantear una re-estructuración de la vegetación de las áreas verdes establecerá las bases para que estos sistemas perduren. También se debe establecer una capacitación constante del personal a cargo del mantenimiento de los parques, índices de calidad de la vegetación y una sustitución paulatina de especies que no estén adaptadas al clima y a la capacidad del recurso hídrico de la ciudad.

Además, se deben considerar las necesidades de la población colindante para implementar cambios en la infraestructura. Los vecinos deben adoptar estas áreas como propias y fungir como vigilantes y protectores de las mismas. Al final son ellos quienes permanecen en contacto continuo por lo que deben demandar a la administración pública lo necesario para mantenerlas. Si las condiciones de las áreas verdes mejoran, además de los beneficios sociales y ambientales se sumarán retribuciones económicas considerables, esto se va de la mano con la recuperación y restauración de la infraestructura verde.

La pandemia del 2020 demostró que no se deben abandonar las áreas verdes debido a que estar cerca de la naturaleza favorece la salud mental de la población. Dejar de promover estos espacios pone en discusión la dualidad dentro lo individual y lo colectivo, lo que podría



derivar en perder el derecho a la ciudad (Bernal en SEDATU, 2020). La pandemia también ha dejado en evidencia la vulnerabilidad de los humanos frente a diferentes patógenos (Chamas, 2020), esto sin contar que el cambio climático podría cambiar y extender la distribución de animales vectores de otros patógenos.

Establecer una red de infraestructura verde saludable además de generar servicios ecosistémicos culturales y de salud importantes, atrae visitantes de otras localidades para su contemplación y/o disfrute, origina comunidad y valoración del espacio, crea nuevas oportunidades laborales y comerciales, mejorando la calidad de vida de la población.

REFERENCIAS

- AGROGEN. (s.f.). *Aplicaciones*. Obtenido de <http://www.agrogen.mx/troug.asp>
- Alam, M., Dupras, J., & Messier, C. (2016). A framework towards a composite indicator for urban ecosystem services. *Ecological Indicators*, 60, 38 - 44.
- Alberti, M., Marzluff, J. M., Shulenberger, E., Bradley, G., Ryan, C., & Zumbrunner, C. (Diciembre de 2003). Urban ecology: An international perspective on the interaction between humans and nature. *BioScience*, 53(12), 1169 - 1179.
- Álvarez, L., Delgado, G., & Leal, A. (Edits.). (2016). *Los desafíos de la ciudad del siglo XXI*. Ciudad de México: Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad (PUEC, UNAM).
- Ardilla, R. (2003). Calidad de vida: una definición integradora. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 35(2), 161-164.
- Ávila Funes, J. A. (28 de Diciembre de 2017). *¿Qué es la calidad de vida?* Obtenido de INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN SALVADOR ZUBIRÁN, MÉXICO.: <http://www.innsz.mx/opencms/contenido/investigacion/comiteEtica/calidadVida.html>
- Ayuntamiento de Durango. (s.f.). *Durango*. Obtenido de Enciclopedia de los municipios y Delegaciones de México.
- Ayuntamiento del Municipio de Durango. (8 de septiembre de 2006). Plan director de forestación urbana del municipio de Durango. *Gaceta Municipal*, XXII(165). Victoria de Durango, Durango, México.
- Ayuntamiento del Municipio de Durango. (8 de diciembre de 2006). Reglamento de parques y jardines del municipio de Durango y de la administración de los parques Guadiana y Sahuatoba. *Gaceta municipal*, XXII(168). Victoria de Durango, Durango, México.

- Ayuntamiento del Municipio de Durango. (11 de Marzo de 2016). Programa de Desarrollo Urbano Centro de Población Victoria de Durango 2025. *Gaceta Municipal*, L(348). Durango.
- Ayuntamiento del Municipio de Durango. (10 de Marzo de 2017). Reglamento de Imagen Urbana del Municipio de Durango. *LII(364)*. Durango, México.
- Azpeitia, G. G., Morales, G. B., & Torres, R. P. (2007). El confort térmico: dos enfoques teóricos enfrentados. *Palapa*, II(1), 45-57.
- Barrientos, C. (19 de Septiembre de 2019). *Persiste déficit de áreas verdes*. Obtenido de El Siglo de Durango: <https://www.elsiglodedurango.com.mx/noticia/1074795.persiste-deficit-de-areas-verdes.html>
- Battle, E. (2011). *El jardín de la metrópoli. Del paisaje romántico al espacio libre para una ciudad sostenible*. España: Gustavo Gil.
- BBC. (23 de Abril de 2013). *Los espacios verdes mejoran el bienestar y la salud de los ciudadanos*. Obtenido de BBC News Mundo: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/04/130422_espacios_verdes_salud_ciudad_gtg
- Bellamy Foster, J. (2010). The metabolism of nature and society. En *Marx's ecology. Materialism and nature* (págs. 141 - 177). Nueva York: Monthly Review.
- Bellamy Foster, J., & Clark, B. (2018). The Expropriation of Nature. *Monthly Review*, 1 - 28.
- Benedick, M. A., & McMahon, E. T. (2006). *Green infrastructure*. Washington: Island Press.
- Berry, B. J. (2008). Urbanization. En J. M. Marzluff, E. Shulenberger, W. Endlicher, M. Alberti, G. Bradley, C. Ryan, . . . U. Simon (Edits.), *Urban Ecology: An International Perspective on the Interaction Between Humans and Nature* (págs. 25 - 48). Nueva York: Springer.
- Bifani, P. (1997). El pensamiento económico y el sistema natural. En P. Bifani, *Medio ambiente y desarrollo* (Tercera ed., págs. 25 - 110). Universidad de Guadalajara.

Biggam, J. (2008). *Succeeding with your Master's Dissertation. A step by step handbook*. Nueva York: Mc Graw Hill.

Blancarte Siqueiros, R. H. (Junio de 2016). LA RELACIÓN ENTRE LAS ÁREAS VERDES Y LA CALIDAD DE VIDA EN AMBIENTES URBANOS. Durango, Durango, México: Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR, Durango).

Blanco B, A. G. (31 de Diciembre de 2018). *¿Qué es una ciudad? Un concepto con muchas definiciones*. Obtenido de División de Vivienda y Desarrollo Urbano (HUD) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID): <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/el-dia-de-que-las-ciudades-un-concepto-con-muchas-definiciones/?fbclid=IwAR1VTkjT3kB5ZwMahohhjhGB23RDoAbB-LY1yeXE02a0KxtrPMxjm6aFJjA>

Blanco, V. (26 de Agosto de 2019). *Ha perdido Sahuatoba 50% de su superficie*. Obtenido de El Sol de Durango: <https://www.elsoldedurango.com.mx/local/ha-perdido-sahuatoba-50-de-su-superficie-4089864.html>

Blanco, V. (18 de Mayo de 2020). *Rehabilitan áreas recreativas de Durango*. Obtenido de El Sol de Durango: <https://www.elsoldedurango.com.mx/local/rehabilitan-areas-recreativas-de-durango-5246893.html>

Bonells, J. E. (Mayo de 2003). *La gestion moderna del arbolado urbano de las ciudades. Ayuntamiento de Sevilla*. Sevilla, España.

Bonells, J. E. (16 de Junio de 2018). *LOS ÁRBOLES URBANOS; UNA INVERSIÓN INTELIGENTE EN SALUD PÚBLICA*. Obtenido de JARDINES SIN FRONTERAS: <https://jardinessinfronteras.com/2018/06/16/los-arboles-urbanos-una-inversion-inteligente-en-salud-publica/?fbclid=IwAR0e68sFEExbhMqi0KQjylaWHJpUR2N1eGSWECP2h7gqTHofz4UnquuosLTE>

Bonilla, R. (Junio de 9 de 2018). *Avizoran sustitución de eucaliptos en parques*. Obtenido de El Siglo de Durango:

<https://www.elsiglodedurango.com.mx/noticia/969205.avizoran-sustitucion-de-eucaliptos-en-parques.html>

Bonilla, R. (7 de Noviembre de 2018). *Descartan cortar árboles del Parque Guadiana*. Obtenido de El Siglo de Durango: <https://www.elsiglodedurango.com.mx/noticia/973353.descartan-cortar-arboles-del-parque-guadiana.html>

Borja, J. (2003). *La Ciudad Conquistada*. Madrid: Alianza Editorial.

Borja, J. (2011). Espacio público y derecho a la ciudad. *Viento Sur*, Mayo(116), 39 - 49.

Cacciari, M. (2010). *La ciudad*. España: Editorial Gustavo Gil, SL.

Cancino, J. (2006). *Dendrometría básica*. Chile: Universidad de Concepción.

Cárdenas, J. M. (4 de Octubre de 2019). *Anuncian mejoras para los parques y el zoológico*. Obtenido de El Siglo de Durango: <https://www.elsiglodedurango.com.mx/noticia/1077971.anuncian-mejoras-para-los-parques-y-el-zoologico.html>

Carrión M., F. (2016). El espacio público es una relación, no un espacio. En P. Ramírez Kuri (Ed.), *La reinención del espacio público en la ciudad fragmentada* (págs. 3 - 47). Ciudad de México: Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM.

Castellanos, J. Z. (2000). *Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas* (Segunda ed.). México: Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola.

Castro, M. E. (2013). ¿Ecología urbana? Interpretación crítica del pensamiento ambiental latinoamericano. En B. Ramírez, & E. Pradilla (Edits.), *Teorías sobre la ciudad en América Latina*. Ciudad de México: SITESA, UAM.

Chamas, P. (22 de Mayo de 2020). *La gestión urbana y la salud ambiental*. Obtenido de Ciudades sostenibles BID: <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/la-gestion-urbana-y-la-salud-ambiental/>

- CONABIO. (2020). *Especies exóticas invasoras*. (C. N. Biodiversidad, Productor) Obtenido de Sistema de Información sobre especies Invasoras : biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras
- CONABIO. (s.f.). *Enciclovida*. Obtenido de Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad: <http://enciclovida.mx/explora-por-region>
- Contreras, C. (28 de Enero de 2016). *Tendrá Durango nuevo parque al oriente*. Obtenido de Contacto Hoy : <https://contactohoy.com.mx/tendra-durango-nuevo-parque-al-oriente-carlos-contreras/>
- Coreno Rodríguez, V. M., Villalpaldo Flores, A. E., & Mazón Sánchez, J. C. (2010). Salud y calidad de vida en espacios urbanos. *Revista Latinoamericana de Medicina Conductual*, 1(1), 109 - 116.
- Cotler, H., Sotelo, E., Dominguez, J., Zorrilla, M., Cortina, S., & Quiñones, L. (2007). La conservación de suelos: un asunto de interés público. *Gaceta Ecológica*, abril - junio(83), 5 – 71. Obtenido de http://dialnet.unirioja.es/servlet/dfichero_articulo?codigo=2875596&orden=0
- de Groot, R. S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., & Willemen, L. (2010). Challenge in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity*, 260-272.
- de la Barrera, F., Reyes-Paecke, S., & Banzhaf, E. (2016). Indicators for green spaces in contrasting urban setting. *Ecological Indicators*, 62, 212 - 219.
- Decourt, J., & Paquet, J. (1984). *Fundamentos de Geología*. París: Reverté.
- DESKIS. (2016). *DESKIS Forestry softwares*. Obtenido de <https://www.deskis.ee/en/>
- Duch, L. (2015). *Antropología de la ciudad*. Barcelona, España: Herdes Editorial.
- EcoInventos. (14 de Febrero de 2019). *¿Sabías que las áreas verdes tienen la capacidad de generar felicidad?* Obtenido de <https://ecoinventos.com/ciudades-deben-pensar-arboles-como-infraestructura-de-salud->

publica/?fbclid=IwAR1USC4JHnNihowA1fISRDHx8UH0c2rTLTNzM_6chByAL
S4rcF8GpSNaJBs

EcoInventos. (2019). *Las ciudades deben pensar en los árboles como un infraestructura de salud pública*. Obtenido de EcoInventos: https://ecoinventos.com/ciudades-deben-pensar-arboles-como-infraestructura-de-salud-publica/?fbclid=IwAR1USC4JHnNihowA1fISRDHx8UH0c2rTLTNzM_6chByAL
S4rcF8GpSNaJBs

Ecosfera. (23 de Abril de 2014). *¿Sabías que las áreas verdes tienen la capacidad de generar felicidad?* Obtenido de <https://ecoosfera.com/2014/04/sabias-que-las-areas-verdes-tienen-la-capacidad-de-generar-felicidad/>

El Siglo de Durango. (11 de Noviembre de 2013). *Parque Guadiana y Sahuatoba, cada vez más atractivos*. Obtenido de El Siglo de Durango: <https://www.elsiglodedurango.com.mx/noticia/473757.parques-guadiana-y-sahuatoba-cada-vez-mas-atractivos.html>

Elliott, E. T., Heil, J. W., Kelly, E. F., & Monger, H. C. (1999). Soil structural and other physical properties. En G. P. Robertson, D. C. Coleman, C. S. Bledsoe, & P. Sollins (Edits.), *Standard Soil Methods for Long-Term Ecological Research* (págs. 74 - 85). New York: Oxford University Press.

Ellis, D., & Schwartz, R. (2016). *The Roles of an Urban Parks System Urban Planning*. 1 - 10.

Enríquez, D. (31 de Octubre de 2019). *Recibimos áreas verdes en abandono: Jorge Salum*. Obtenido de El Sol de Durango: <https://www.elsoldedurango.com.mx/local/recibimos-areas-verdes-en-abandono-jorge-salum-4390828.html>

Enríquez, D. (20 de Febrero de 2020). *Rescatarán espacios del Parque Guadiana*. Obtenido de El Sol de Durango: <https://www.elsoldedurango.com.mx/local/rescataran-espacios-del-parque-guadiana-4863318.html>

- Enríquez, D. (31 de Enero de 2020). *Trabaja Municipio en las áreas verdes*. Obtenido de El Sol de Durango: <https://www.elsoldedurango.com.mx/local/trabaja-municipio-en-las-areas-verdes-4775828.html>
- EPA. (2008). *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies Draft*. (E. Wong, Ed.) United States Environmental Protection Agency. Obtenido de <https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium>
- EPA. (17 de Enero de 2017). *Desarrollo Inteligente e islas de calor urbanas*. Obtenido de United States Environmental Protection Agency: <https://19january2017snapshot.epa.gov/sites/production/files/2014-06/documents/smartgrowthspanish.pdf>
- EPA. (6 de Septiembre de 2019). *Heat Island Cooling Strategies*. Obtenido de United States Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-cooling-strategies>
- European Commission. (2013). *Building a Green Infrastructure for Europe*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Obtenido de Biodiversity Information System for Europe: https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/green_infrastructure_broc.pdf
- FAO. (2008). *Base referencial mundial del recurso suelo. Un marco conceptual para la clasificación, correlación y comunicación internacional*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO.
- Fassbender, H. W., & Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina* (Segunda ed.). San José, Costa Rica: Editorial IICA.
- Flores - Xolocotzi, R., & González - Guillén, M. J. (2010). Planificación de sistemas de áreas verdes y parques públicos. *Revista Mexicana de ciencias forestales*, 17 - 24. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322010000100003

- Flores Delgadillo, L., & Alcalá Martínez, J. R. (2010). *Manual de procedimientos analíticos. Laboratorio de Física de Suelos*. Ciudad de México: Instituto de Geología, UNAM.
- Foladori, G., & Pierri, N. (Edits.). (2005). *¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre desarrollo sustentable*. Porrúa.
- Forman, R. T. (2008). *Urban regions. Ecology and Planning Beyond the City*. Nueva York: Cambridge Press.
- Forman, R. T. (2014). Foundations. En *Urban Ecology. Science of cities* (págs. 1 - 30). Reino Unido: Cambridge Press.
- Galván Meraz, F. J. (2009). *Diccionario ambiental y de asignaturas afines: guía para servidores públicos, empresarios, profesionales, estudiantes y ciudadanos en general comprometidos con la conservación del ambiente*. Guadalajara: Ediciones Arlequín.
- García Vega, J. d., & Sales Heredia, F. J. (Edits.). (2011). *Bienestar y calidad de vida en México*. Distrito Federal, México: Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública.
- García, L. (6 de Septiembre de 2018). *Islas de calor, un fenómeno de las ciudades*. Obtenido de Ciencia UNAM: <http://ciencia.unam.mx/leer/779/islas-de-calor-un-fenomeno-de-las-ciudades?fbclid=IwAR1NE0iqHXklvnh4NXWv7Mbg5eUsD1VCP8MtMbHNVbedyviFdKpHCXjUnHE>
- García-Polo, J., Castillo-Cabrera, F., & Vega, J. J. (2016). Índice de diversidad biológica urbana de la ciudad de La Antigua Guatemala. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 3(1), 65 - 79.
- Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., . . . Vargas, R. (Edits.). (2014). *Atlas de suelos de América Latina y el Caribe*. Luxembourg: Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.
- Glaeser, E. (2011). *El triunfo de las ciudades: cómo nuestra mejor creación nos hace más ricos, más inteligentes, más ecológicos, más sanos y más felices*. Madrid: Taurus.

- Gobierno Municipal. (23 de Diciembre de 2016). *Inicia construcción del primer Parque Lineal Zona Oriente en Durango*. Obtenido de Gobierno Municipal: <http://durango.com.mx/construccion-del-primer-parque-lineal-zona-oriente-en-durango/>
- Godoy, M. E., Luisa, A., & Villegas, C. (2016). Análisis sobre espacios verdes en el sector urbanístico. Un comparativo entre Guayaquil, Curitiba, Vitoria-Gasteiz y Boston. *DELOS: Desarrollo Local Sostenible*, 25. Recuperado el 1 de Marzo de 2019, de <https://www.eumed.net/rev/delos/25/espacios.html>
- Grunewald, K., Xie, G., & Henry, W. (2018). The Multiple Benefits of Urban Green—Ecosystem Services Assessment. En K. Grunewald, J. Li, G. Xie, & L. Kümper-Schlake (Edits.), *Towards Green Cities. Urban Biodiversity and Ecosystem Services in China and Germany* (págs. 43 - 101). Springer International Publishing.
- Güngör, S., & Polat, A. T. (2017). The evaluation of the urban parks in Konya province in terms of quality, sufficiency, maintenance, and growth rate. *Environ Monit Assess*, 189(172). doi:10.1007/s10661-017-5875-9
- Hall, P. (1996). *Ciudades del mañana. Historia del urbanismo en el siglo XX*. España: Ediciones del Serbal.
- Harold, W., & Hocker, J. (1979). *Introducción a la Biología Forestal* (Primera ed.). AGT Editor.
- Hernández, B. (29 de Junio de 2019). *Faltan áreas verdes en el municipio de Durango*. Obtenido de El Sol de Durango: <https://www.elsoldedurango.com.mx/local/faltan-areas-verdes-en-el-municipio-de-durango-3829713.html>
- Hernández, B. (23 de Abril de 2020). *Mejorará medio ambiente en el Municipio: JSP*. Obtenido de El Sol de Durango: <https://www.elsoldedurango.com.mx/local/mejorara-medio-ambiente-en-el-municipio-jsp-5139917.html>
- Hernández, B. (5 de Mayo de 2020). *Necesario 2 mdp para sistema de riego en el Sahuatoba*. Obtenido de El Sol de Durango:

<https://www.elsoldedurango.com.mx/local/necesario-2-mdp-para-sistema-de-riego-en-el-sahuatoba-5190814.html>

Hernández, B. (3 de Mayo de 2020). *Rescata el Municipio áreas abandonadas*. Obtenido de El Sol de Durango: <https://www.elsoldedurango.com.mx/local/rescata-el-municipio-areas-abandonadas-5181125.html>

Hernández, J. I. (10 de Diciembre de 2019). *Presenta Municipio paquete de obra*. Obtenido de El Sol de Durango: <https://www.elsoldedurango.com.mx/local/presenta-municipio-paquete-de-obra-4566177.html>

Hough, M. (1998). *Naturaleza y ciudad: planificación urbana y procesos ecológicos*. Barcelona: Gustavo Gili S. A.

INAFED. (s.f.). *Durango*. Obtenido de Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México Estado de Durango. H. Ayuntamiento de Durango: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM10durango/municipios/10005a.html>

INEGI. (1992). *Durango. Perfil sociodemográfico. XI Censo general de población y vivienda, 1990*. México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

INEGI. (2015). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Durango, Durango*. Durango : Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI. (2016). *Panorama sociodemográfico de Durango 2015*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI. (2017). *Anuario estadístico y geográfico de Durango*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI. (2019). *Marco Geoestadístico*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/default.html#Descargas>

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2015). *Cambio Climático 2014. Informe de síntesis*. Ginebra.

- International Association for Landscape Ecology. (2019). *WHAT IS LANDSCAPE ECOLOGY?* Obtenido de International Association for Landscape Ecology: <https://www.landscape-ecology.org/about-iale.html>
- Jo, H.-K., & McPherson, E. G. (1995). Carbon storage and flux in urban residential greenspace. *Journal of Environmental Management*, 45, 109 - 133.
- Kabisch, N., Strohbach, M., Haase, D., & Kronenberg, J. (2016). Urban green space availability in European cities. *Ecological Indicators*, 70, 586 - 596.
- Kowarik, I. (2008). On the role of alien species in urban flora and vegetation. En J. M. Marzluff, E. Shulenberger, W. Endlicher, M. Alberti, G. Bradley, C. Ryan, . . . U. Simon (Edits.), *Urban Ecology: An International Perspective on the Interaction Between Humans and Nature* (págs. 321 - 338). Nueva York: Springer.
- Kurbán, A., Papparelli, A., Cúnsulo, M., Montilla, E., & Herrera, C. (2002). Aporte de la forestación al control del clima urbano en zona árida. *Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente*, 6(1), 05.43 - 05.48.
- La Voz de Durango. (14 de Febrero de 2020). *Rehabilita Municipio camellón central de avenida 20 de Noviembre*. Obtenido de La Voz de Durango: <https://lavozdgo.com/2020/02/14/rehabilita-municipio-camellon-central-de-avenida-20-de-noviembre/>
- Lam, K.-C., Ng, S.-L. N., Wing-Chi, H., & Chan, P.-K. (2005). Environmental quality of urban parks and open spaces in Hong Kong. *Environmental Monitoring and Assessment*, 55-73.
- Lastra, G. (18 de Febrero de 2020). *Durango busca reforestar y crear cultura ambiental*. Obtenido de Milenio: <https://www.milenio.com/estados/durango-reforestara-y-creara-cultura-ambiental>
- Lezama, J. L. (2014). La Escuela Ecologista Clásica de Chicago. En *Teoría social, espacio y ciudad*. (Tercera ed., págs. 203 - 247). Ciudad de México: Centro de Estudios demográficos, Urbanos y Ambientales, El Colegio de México.

- López de Juambelz, I. R. (2008). Diseño ecológico: aspectos estéticos, formales y técnicos. *Tesis*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Magurran, A. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey: Princeton University Press.
- Maqueda Blasco, J., Castillo, O., Elena, Cortés Barragán, R. A., Gamó González, M. F., Bermejo García, E., . . . Asunsolo del Barco, Á. (Abril de 2010). Efectos extrauditivos del ruido, salud, calidad de vida y rendimiento en el trabajo; actuación en vigilancia de la salud. *Monografías*. Madrid, España: Escuela Nacional de Medicina del Trabajo Instituto de Salud Carlos III Ministerio de Ciencia e Innovación. Obtenido de <http://www.isciii.es/htdocs/publicaciones/documentos>
- Maqueda Blasco, J., Castillo, O., Elena, Cortés Barragán, R. A., Gamó González, M. F., Bermejo García, E., . . . Asunsolo del Barco, Á. (2010). Revisión sobre la evidencia de la relación entre exposición profesional al ruido y efectos extrauditivos no cardiovasculares. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 56(218), 49 - 71.
- Marzluff, J. M., Shulenberg, E., Endlicher, W., Alberti, M., Bradley, G., Ryan, C., . . . Simon, U. (2008). *Urban Ecology: An International Perspective on the Interaction Between Humans and Nature*. Nueva York: Springer.
- McDonnell, M. J., & Pickett, S. T. (Edits.). (1993). *Humans as Components of Ecosystems. The Ecology of Subtle Human Effects and Populated Areas*. Nueva York: Springer.
- McIntyre, N. E., Knowles - Yáñez, K., & Hope, D. (2008). Urban Ecology as an Interdisciplinary Field: Differences in the uses of "Urban" Between the Social and Natural Sciences. En J. M. Marzluff, E. Shulenberg, W. Endlicher, M. Alberti, G. Bradley, C. Ryan, . . . U. Simon (Edits.), *Urban Ecology: An International Perspective on the Interaction Between Humans and Nature* (págs. 49 - 65). Nueva York: Springer.
- McPherson, G. (s.f.). Research on the benefits and drawbacks of city trees and street tree planning overview.

- MELISSA Consultoría e Ingeniería Ambiental S.L. (24 de Septiembre de 2012). *Manual breve sobre como hacer un estudio de ruido*. Obtenido de <https://www.melissaconsultoria.com/2012/09/24/medici%C3%B3n-del-ruido/>
- Meza, M. d. (2015). Los árboles de la Ciudad de México. Guardianes de su imagen y calidad ambiental. *Bitácora arquitectura*(31), 96 - 103.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2003). *Ecosistemas y bienestar humano: Marco para la evaluación*.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Resumen para los responsables de la toma de decisiones*.
- Mohar, A. (2016). *Tendencias territoriales determinantes del futuro de la Ciudad de México*. México: Consejo Económico y Social de la Ciudad de México.
- Müller, N., Ignatieva, M., Nilon, C. H., Werner, P., & Zipperer, W. C. (2013). Patterns and Trends in Urban Biodiversity and Landscape Design. En T. Elmqvist, M. Fragkias, J. Goodness, B. Güneralp, P. J. Marcotullio, R. I. McDonald, . . . C. Wilkinson (Edits.), *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities* (págs. 123 - 174). Nueva York: Springer.
- Newman, P., & Jennings, I. (2008). *Cities as Sustainable Ecosystems: Principles and Practices*. Washinton, DC: Island Press.
- Nowak, D. J. (1994). Urban forest structure: the state of Chicago's urban forest. En E. G. McPherson, D. J. Nowak, & R. A. Rowntree (Edits.), *Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Climate Project* (págs. 3 - 18). Chicago: Departament of Agriculture, Forest Service.
- OCDE. (1993). Core Set of Indicators for Environmental Perfomance. *Environment Monographs*(83).
- Ojeda Revah, L., & Espejel, I. (2014). *Cuando las áreas verdes se transforman en paisajes urbanos. La vision de Baja California*. Tijuana: El Colegio de la Frontera.

- OMS. (1999). *Guías para el ruido urbano*. (B. Berglung, T. Lindvall, & D. H. Schwela, Edits.) Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- OMS. (2003). *Índice solar mundial: guía práctica*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- OMS. (2005). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- OMS. (27 de Febrero de 2015). *1100 millones de personas corren el riesgo de sufrir pérdida de audición*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/ear-care/es/>
- ONU. (2014). *World urbanization prospects, the 2014 revision. The Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations*. Organización Mundial de las Naciones Unidas (ONU).
- ONU. (2018). *Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en los países en desarrollo*. Obtenido de Departamento de Asuntos Económicos y Sociales : <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanization-prospects.html>
- ONU HABITAT. (8 de Enero de 2018). *El espacio público: componente clave de una ciudad sostenible*. Obtenido de ONU - HÁBITAT Por un mejor futuro urbano: <http://onuhabitat.org.mx/index.php/el-espacio-publico-componente-clave-de-una-ciudad-sostenible>
- ONU HÁBITAT. (2018). *Índice Básico de las Ciudades Prósperas*. Durango: ONU.
- Ortiz, E. (2010). Derecho a la ciudad, producción social y gestión participativa del hábitat. La promoción de iniciativas comunitarias incluyentes en la Ciudad de México. *Hábitat y Sociedad*, 1, 55-70.
- Pareyón, G. (2015). El ruido en los estilos sociales y modalidades de convivencia. *IXAYA. Revista Universitaria de Desarrollo Social*, 1(8), 97 - 121. Obtenido de

http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/FichasNotasPracticas/Ficheros/np_efp_45.pdf

- Parris, K. M. (2016). *Ecology of Urban Environments*. Chennai: Wiley Blackwell.
- Pascual González, A., & Peña Díaz, J. (2012). Espacios abiertos de uso público. *Arquitectura y urbanismo*, XXXIII(1), 25 - 42. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/3768/376834405003.pdf>
- Paul, M. J., & Meyer, J. L. (2008). Streams in the Urban Landscape. En J. M. Marzluff, E. Shulenberg, W. Endlicher, M. Alberti, G. Bradley, C. Ryan, . . . U. Simon (Edits.), *Urban Ecology. An International Perspective on the Interaction Between Humans and Nature* (págs. 207 - 231). Nueva York: Springer.
- Pescador, D. (27 de Marzo de 2019). *Tu cerebro necesita silencio*. Obtenido de Foro Económico Mundial: https://es.weforum.org/agenda/2019/03/tu-cerebro-necesita-silencio/?fbclid=IwAR3-Xe4p0mPW5ZXCeSPb__EIV0Blo2ffPA3CzwpNkMFGLS5nhnkH3yTUtE
- Pfeiffer, D., & Cloutier, S. (2016). Planning for Happy Neighborhoods. *Journal of the American Planning Association*, 267 - 279.
- Phillips, F. (1994). Escuela de arquitectura y artes plásticas en la Ciudad de Durango. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Propiedades físico-hídricas del suelo en el cultivo del maíz de grano. (2015). En A. Antúnez B., S. Ferlmer E., M. Vidal S., R. Morales J., E. Coz L., & F. Fuentes F. (Edits.), *Riego por pulsos en maíz grano* (págs. 31-50). Rengo, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 312.
- Ramírez, B., & Pradilla, E. (Edits.). (2013). *Teorías sobre la ciudad en América Latina*. Ciudad de México: CITESA, UAM.
- Rawson, H. M., & Gómez Mcpherson, H. (2001). Factores ambientales. En H. M. Rawson, & H. Gómez Mcpherson, *Trigo regado. Manejo del cultivo*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Obtenido de Food and Agriculture Organization of the United Nations .

- Rentería, J. L., Atkinson, R., & Buddenhagen, C. (2007). *Estrategias para la erradicación de 21 especies de plantas potencialmente invasoras en Galápagos*. Fundación Charles Darwin, Departamento de Botánica.
- Reyes, P. R., & Torres-Florez, J. P. (2009). Diversidad, distribución, riqueza y abundancia de condrictios de aguas profundas a través del archipiélago patagónico austral, Cabo de Hornos, Islas Diego Ramírez y el sector norte del paso Drake. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 44(1), 243-251.
- Rinde, M. (26 de Marzo de 2020). *How city planning can help contain epidemics* . Obtenido de WHYY: <https://whyy.org/articles/how-phillys-neighborhoods-can-help-us-understand-pandemics/>
- Rojas Benavides, A. (2011). Calidad de vida, calidad ambiental y sustentabilidad como conceptos urbanos complementarios. *Fermentum. Revista Venezolana de Sociología y Antropología*, 176 - 207.
- Rojas-Rueda, D., Nieuwenhuijsen, M. J., Gascon, M., Perez-Leon, D., & Mudu, P. (2019). Green spaces and mortality: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. *The Lancet Planetary Health*, 3(11), e469 - e477.
- Romero, H., Salgado, M., & Smith, P. (2010). Cambios climáticos y climas Urbanos: Relaciones entre zonas termales y condiciones socioeconómicas de la población de Santiago de Chile. *Revista INVI*, 25(70), 151 - 179.
- Ros, S. (2007). *Planificación y gestión integral de parques y jardines*. España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Ruiz, M. A., Correa, E. N., & Cantón, M. A. (2016). Diseño eficiente de parques en ciudades de zonas áridas. Confort térmico y clima urbano. *Acta del I Encuentro Nacional sobre Ciudad, Arquitectura y Construcción Sustentable* (págs. 105 - 116). Buenos Aires: La Plata: Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Arquitectura y Urbanismo.
- Salas M, A. (2003). *Parque Guadiana, botín de pocos o patrimonio de una ciudad*. Obtenido de Ecología, animales y medioambiente: <http://www.jornada.com.mx/2003/07/28/eco-e.html>

- Santillán-Soto, N., García-Cueto, R., Haro-Rincón, Z., Ojeda-Benítez, S., Quintero-Núñez, M., & Velázquez-Limón, N. (2015). Radiation balance of urban materials and their thermal impact in semi-desert region: Mexicali, México study case. *Atmosphere*, 5(10), 1578-1589.
- Schütz, G. E. (2015). Conflictos sociales y daños a la salud asociados con pasivos ambientales urbanos en São Paulo, Brasil. . En P. A. Torres, & A. Cedeño, *Ecourbanismo y habitabilidad regional. contribuciones de América Latina* (págs. 115 - 129). Ciudad de México: UAM Xochimilco.
- Secretaría de Desarrollo Social. (2012). *Catálogo Sistema Urbano Nacional 2012*. Distrito Federal: Consejo Nacional de Población.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2017). *La degradación de suelos en México*. Ciudad de México: Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores clave y de desempeño ambiental.
- SEDATU. (26 de Mayo de 2020). Conversatorio Redes de apoyo comunitario, economías barriales . México: Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano del Gobierno de México. Obtenido de <https://www.facebook.com/SEDATU.Mexico/videos/250897339554127/>
- SEMARNAT. (2005). *Indicadores del desempeño ambiental de México: 2005*. Distrito Federal: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales .
- Shaxson, F., & Barber, R. (2005). *Optimización de la hmedad del suelo para la producción vegetal. El significado de la porosidad del suelo*. Roma: FAO.
- Shoji, S., Nanzyo, M., & Dahlgren, R. (1993). Volcanic Ash Soils. Genesis, properties and utilization. *The Netherlands*.
- Siebe, C., Jahn, R., & Stahr, K. (2006). *Manual para la descripción y evaluación ecológica de los suelos en campo*. Ciudad de México: Instituto de Geología, UNAM.
- Suárez, A., Camarena, P., Herrera, I., & Lot, A. (2011). *Infraestructura verde y corredores ecológicos de los pedregales: ecología urbana del sur de la Ciudad de México*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.

- Subirats, J. (2016). Explorar el espacio público como bien común. Debates conceptuales y de gobierno en la ciudad fragmentada. En P. Ramírez Kuri, *La reinención del espacio público en la ciudad fragmentada* (págs. 73 - 98). Ciudad de México: UNAM, Instituto de Investigaciones Sociales.
- Taboada, M., & Álvarez, C. (2008). *Fertilidad física de los suelos* (Segunda ed.). Buenos Aires, Argentina: Editorial Facultad Agronomía.
- Torres, A. P., Camberato, D., Lopez, R. G., & Mickelbart, M. (2001). Producción comercial de cultivos cajo invernadero y vivero. *Purdue extension*, 1-6.
- Torres, P. A., & Cedeño, A. (2015). *Ecourbanismo y habitabilidad regional. Contribuciones de América Latina*. Ciudad de México: UAM Xochimilco.
- Ugalde A, L. A. (1981). *Conceptos básicos de dasometría*. Turrialba, Costa Rica: Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza.
- USDA. (1994). *Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project*. (E. G. McPherson, D. J. Nowak, & R. A. Rowntree, Edits.) United States Department of Agriculture.
- USGS. (s.f.). *Science for a changing worl*. Obtenido de EarthExplorer: <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Vázquez-Yanes, C., Muñoz, A. I., Silva, M. I., Díaz, M. G., & Dirzo, C. S. (1999). *Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084*. . Ciudad de México: CONABIO - Instituto de Ecología, UNAM.
- Vitousek, P. M., Mooney, H. A., Lubchenco, J., & Melillo, J. M. (1997). Human Domination of Earth's Ecosystems. *Science*, 277, 494 - 499.
- Voghera, A., & La Riccia, L. (2019). Ecological Networks in Urban Planning: Between Theoretical Approaches and Operational Measures. En F. Calabrò, L. Della Spina, & C. Bevilacqua (Ed.), *New Metropolitan Perspectives. ISHT 2018. Smart Innovation, Systems and Technologies*. 101, págs. 672-680. Springer, Cham.



- Wessolek, G. (2008). Sealing of soils. En J. M. Marzluff, E. Shulenberger, W. Endlicher, M. Alberti, G. Bradley, C. Ryan, . . . U. Simon (Edits.), *Urban Ecology. An International Perspective on the Interaction Between Humans and Nature* (págs. 161 - 179). Nueva York: Springer.
- Yu, K. (16 de enero de 2020). Entrevista con Kongjian Yu. *Espiral*. (R. Raphael, Entrevistador) Canal 11. Obtenido de <https://canalonce.mx/vod/video/espiral-entrevista-con-kongjian-yu/>
- Ziter, C., Graves, R. A., & Turner, M. G. (2017). How do land-use legacies affect ecosystem services in United States cultural landscapes? *Landscape Ecol.*

ANEXOS

1. TABLAS DEL LISTADO DE ESPECIES DE VEGETACIÓN

Tabla 30. Lista de especies amenazadas dentro de la NOM-059 y su estatus en la lista de IUCN

Nombre científico	Nombre común principal	Norma Oficial Mexicana NOM-059	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN)
<i>Ferocactus histrix</i>	Biznaga barril de acitrón	Sujeta a protección especial (Pr)	Casi amenazado (NT)
<i>Echinocereus adustus</i>	Alicoche de cosihuiriáchic	Amenazada (A)	Preocupación menor (LC)
<i>Coryphantha delicata</i>	Biznaga partida de Jaumave	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Mammillaria longiflora</i>	Biznaga de flor grande	Amenazada (A)	Preocupación menor (LC)
<i>Mammillaria mercadensis</i>	Biznaga de Cerro Mercado	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Mammillaria senilis</i>	Biznaga cabeza de viejo	Amenazada (A)	Preocupación menor (LC)
<i>Mammillaria pennispinosa</i>	Biznaga de espinas plumosas	Sujeta a protección especial (Pr)	En peligro crítico (CR)
<i>Cupressus lusitanica</i>	Cedro blanco	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Pinus durangensis</i>	Pino de Durango	Sujeta a protección especial (Pr)	Casi amenazado (NT)
<i>Anticlea virescens</i>	Green deathcamas	Sujeta a protección especial (Pr)	
<i>Triglochin maritima</i>	Common arrow-grass	Amenazada (A)	Preocupación menor (LC)
<i>Arbutus occidentalis</i>	Madroño	Sujeta a protección especial (Pr)	
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	Sujeta a protección especial (Pr)	Vulnerable (VU)

<i>Nymphaea gracilis</i>	Ninfa cabeza de negro	Amenazada (A)	
<i>Tripsacum zopilotense</i>		Sujeta a protección especial (Pr)	
<i>Polianthes palustris</i>	Nardo de agua	Sujeta a protección especial (Pr)	
<i>Agave (Littaea) victoriae-reginae</i>	Magüey noa	En peligro de extinción (P)	Preocupación menor (LC)

Fuente: Elaboración propia con base en CONABIO (s.f.)



Tabla 31. Listado de especies de la lista IUCN

Nombre científico	Nombre común principal	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN)
<i>Ferocactus histrix</i>	Biznaga barril de acitrón	Casi amenazado (NT)
<i>Mammillaria pennispinosa</i>	Biznaga de espinas plumosas	En peligro crítico (CR)
<i>Quercus (Quercus) diversifolia</i>		En peligro (EN)
<i>Quercus (Quercus) radiata</i>	Encino cucharillo	En peligro (EN)
<i>Quercus (Quercus) durifolia</i>	Palo colorado	Casi amenazado (NT)
<i>Quercus (Quercus) laxa</i>		Casi amenazado (NT)
<i>Pinus durangensis</i>	Pino de Durango	Casi amenazado (NT)
<i>Pinus lumholtzii</i>	Pino triste	Casi amenazado (NT)
<i>Cornus disciflora</i>	Botoncillo	Vulnerable (VU)
<i>Arbutus xalapensis</i>	Madroño	Dependiente de conservación (CD)
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	Vulnerable (VU)
<i>Cupressus lusitanica var. benthamii</i>	Teotlate	Casi amenazado (NT)
<i>Juniperus deppeana var. robusta</i>	Enebro	Vulnerable (VU)
<i>Pinus arizonica var. cooperi</i>	Pino chino	Vulnerable (VU)

Fuente: Elaboración propia con base en CONABIO (s.f.)

2. TABLAS DEL LISTADO DE ESPECIES DE FAUNA

Tabla 32. Lista de mamíferos bajo protección

Nombre científico	Nombre común principal	Norma Oficial Mexicana NOM-059	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN)
<i>Choeronycteris mexicana</i>	Murciélago trompudo	Amenazada (A)	Casi amenazado (NT)
<i>Dipodomys phillipsii</i>	Rata canguro del centro	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Canis lupus subsp. baileyi</i>	Lobo Mexicano	En peligro de extinción (P)	
<i>Sciurus aberti subsp. durangi</i>	Ardilla de Abert	Sujeta a protección especial (Pr)	
<i>Lepus callotis</i>	Liebre torda		Casi amenazado (NT)
<i>Peromyscus melanocarpus</i>	Ratón manos negras de Zempoaltepec		En peligro (EN)
<i>Spilogale putorius</i>	Zorrillo manchado común	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)

Fuente: Elaboración propia con base en CONABIO (s.f.)

Tabla 33. Lista de reptiles bajo protección

Nombre científico	Nombre común principal	Norma Oficial Mexicana NOM-059	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN)
<i>Barisia imbricata</i>	Lagarto alicante de las montañas	Sujeta a protección especial (Pr)	Datos insuficientes (DD)
<i>Barisia levicollis</i>	Lagarto alicante de Chihuahua	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Gerrhonotus liocephalus</i>	Lagartija caimán sureña	Sujeta a protección especial (Pr)	



<i>Ctenosaura acanthura</i>	Iguana de cola espinosa del noreste	Amenazada (A)	
<i>Ctenosaura pectinata</i>	Iguana mexicana de cola espinosa	Amenazada (A)	Preocupación menor (LC)
<i>Phrynosoma orbiculare</i>	Camaleón de montaña	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Sceloporus grammicus</i>	Lagartija espinosa del mezquite	Sujeta a protección especial (Pr)	Vulnerable (VU)
<i>Lepidophyma gaigeae</i>	Lagartija nocturna de Tamazunchale	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Gyalopion quadrangulare</i>	Culebra nariz ganchuda matorralera	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Hypsiglena torquata</i>	Culebra nocturna del Pacífico	Amenazada (A)	Preocupación menor (LC)
<i>Lampropeltis getula</i>	Falsa coralillo real estadounidense	Amenazada (A)	Preocupación menor (LC)
<i>Lampropeltis mexicana</i>	Falsa coralillo real mexicana	Amenazada (A)	Preocupación menor (LC)
<i>Pituophis deppei</i>	Alicante	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Salvadora bairdi</i>	Culebra chata mexicana	Amenazada (A)	Preocupación menor (LC)
<i>Thamnophis cyrtopsis</i>	Culebra lineada de bosque	Amenazada (A)	Preocupación menor (LC)
<i>Thamnophis elegans</i>	Culebra listonada elegante	Amenazada (A)	Preocupación menor (LC)
<i>Thamnophis eques</i>	Culebra de agua nómada mexicana	Amenazada (A)	Preocupación menor (LC)
<i>Thamnophis marcianus</i>	Sochuate	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Crotalus lepidus</i>	Cascabel gris	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Crotalus molossus</i>	Cascabel de cola negra	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Crotalus pricei</i>	Cascabel de manchas gemelas	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)



<i>Crotalus scutulatus</i>	Cascabel del Altiplano	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Crotalus willardi</i>	Cascabel de nariz surcada de la Sierra Madre Occidental	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Kinosternon hirtipes</i>	Tortuga pecho quebrado pata rugosa	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Kinosternon integrum</i>	Tortuga pecho quebrado mexicana	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Plestiodon lynxe</i>	Eslizón de bosque de encinos	Sujeta a protección especial (Pr)	Datos insuficientes (DD)
<i>Thamnophis nigronuchalis</i>	Culebra de agua de cabeza angosta de Durango	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Heterodon nasicus</i>	Plains Hognose Snake	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Aspidoscelis costatus</i>	Huico llanero	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Aspidoscelis communis</i>	Huico moteado gigante de la costa de Jalisco	Amenazada (A)	En peligro (EN)
<i>Thamnophis melanogaster</i>	Culebra de agua de panza negra	Sujeta a protección especial (Pr)	
<i>Hypsiglena chlorophaea</i>	Culebra nocturna del desierto	Sujeta a protección especial (Pr)	
<i>Hypsiglena jani</i>	Culebra nocturna del Noreste	Sujeta a protección especial (Pr)	
<i>Hypsiglena ochrorhynchus</i>	Culebra nocturna peninsular	Sujeta a protección especial (Pr)	
<i>Kinosternon sonoriense</i>	Tortuga pecho quebrado sonorense		Casi amenazado (NT)

Fuente: Elaboración propia con base en CONABIO (s.f.)

Tabla 34. Lista de aves bajo protección

Nombre científico	Nombre común principal	Norma Oficial Mexicana NOM-059	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN)
<i>Accipiter cooperii</i>	Gavilán de Cooper	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Accipiter gentilis</i>	Gavilán azor	Amenazada (A)	Preocupación menor (LC)
<i>Accipiter striatus</i>	Gavilán Pecho Canela	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Aquila chrysaetos</i>	Águila real	Amenazada (A)	Preocupación menor (LC)
<i>Buteo albonotatus</i>	Aguililla aura	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Buteo lineatus</i>	Aguililla pecho rojo	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Buteo regalis</i>	Aguililla real	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Buteo swainsoni</i>	Aguililla de Swainson	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Buteogallus anthracinus</i>	Aguililla Negra Menor	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Parabuteo unicinctus</i>	Aguililla rojinegra	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Streptoprocne semicollaris</i>	Vencejo nuca blanca	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Nyctiphrynus mcleodii</i>	Tapacaminos Prío	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Calidris mauri</i>	Playero occidental	Amenazada (A)	Preocupación menor (LC)
<i>Limosa fedoa</i>	Picopando canelo	Amenazada (A)	Preocupación menor (LC)

Nombre científico	Nombre común principal	Norma Oficial Mexicana NOM-059	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN)
<i>Falco mexicanus</i>	Halcón mexicano	Amenazada (A)	Preocupación menor (LC)
<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Cyrtonyx montezumae</i>	Codorniz de Moctezuma	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Rallus limicola</i>	Rascón Cara Gris	Amenazada (A)	Preocupación menor (LC)
<i>Passerina ciris</i>	Colorín sietecolores	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Cinclus mexicanus</i>	Mirlo Acuático Norteamericano	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Cyanocorax dickeyi</i>	Chara pinta	En peligro de extinción (P)	Casi amenazado (NT)
<i>Spizella wortheni</i>	Gorrión de Worthen	En peligro de extinción (P)	En peligro (EN)
<i>Xenospiza baileyi</i>	Gorrión serrano	En peligro de extinción (P)	En peligro (EN)
<i>Geothlypis tolmiei</i>	Chipe Lores Negros	Amenazada (A)	Preocupación menor (LC)
<i>Myadestes occidentalis</i>	Clarín jilguero	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Myadestes townsendi</i>	Clarín norteño	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Ridgwayia pinicola</i>	Mirlo Azteca	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Vireo atricapilla</i>	Vireo gorra negra	En peligro de extinción (P)	Vulnerable (VU)
<i>Botaurus lentiginosus</i>	Avetoro norteño	Amenazada (A)	Preocupación menor (LC)



Nombre científico	Nombre común principal	Norma Oficial Mexicana NOM-059	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN)
<i>Campephilus imperialis</i>	Carpintero Imperial	Probablemente extinta en el medio silvestre (E)	En peligro crítico (CR)
<i>Tachybaptus dominicus</i>	Zambullidor menor	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Ara militaris</i>	Guacamaya verde	En peligro de extinción (P)	Vulnerable (VU)
<i>Forpus cyanopygius</i>	Periquito Catarino	Sujeta a protección especial (Pr)	Casi amenazado (NT)
<i>Rhynchopsitta pachyrhyncha</i>	Cotorra serrana occidental	En peligro de extinción (P)	En peligro (EN)
<i>Asio stygius</i>	Búho cara oscura	Amenazada (A)	Preocupación menor (LC)
<i>Strix varia</i>	Búho Barrado	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Euptilotis neoxenus</i>	Quetzal Orejón	Amenazada (A)	Preocupación menor (LC)
<i>Eupsittula canicularis</i>	Perico frente naranja	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Geranoaetus albicaudatus</i>	Aguililla cola blanca	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Antigone canadensis</i>	Grulla gris	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Anas platyrhynchos subsp. diazi</i>	Pato mexicano	Amenazada (A)	
<i>Bubo virginianus subsp. mayensis</i>	Búho cornudo	Amenazada (A)	
<i>Cypseloides niger</i>	Vencejo negro		Vulnerable (VU)
<i>Selasphorus rufus</i>	Zumbador Canelo		Casi amenazado (NT)

Nombre científico	Nombre común principal	Norma Oficial Mexicana NOM-059	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN)
<i>Calidris pusilla</i>	Playero semipalmeado		Casi amenazado (NT)
<i>Colinus virginianus</i>	Codorniz cotuí		Casi amenazado (NT)
<i>Calcarius ornatus</i>	Escribano collar castaño		Vulnerable (VU)
<i>Sturnella magna</i>	Pradero Tortillaconchile		Casi amenazado (NT)
<i>Lanius ludovicianus</i>	Verdugo Americano		Casi amenazado (NT)
<i>Anthus spragueii</i>	Bisbita llanera		Vulnerable (VU)
<i>Contopus cooperi</i>	Papamoscas Boreal		Casi amenazado (NT)
<i>Antrostomus vociferus</i>	Tapacaminos Cuerporruín Norteño	Casi amenazado (NT)	
<i>Haemorhous cassinii</i>	Pinzón Serrano		Casi amenazado (NT)

Fuente: Elaboración propia con base en CONABIO (s.f.)

Tabla 35. Lista de anfibios bajo protección

Nombre científico	Nombre común principal	Norma Oficial Mexicana NOM-059	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN)
<i>Ambystoma rosaceum</i>	Salamandra de la Sierra Madre Occidental	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)

<i>Lithobates berlandieri</i>	Rana leopardo	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Lithobates chiricahuensis</i>	Rana leopardo Chiricahua	Amenazada (A)	Vulnerable (VU)
<i>Lithobates montezumae</i>	Rana leopardo de Moctezuma	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Lithobates pustulosus</i>	Rana de rayas blancas	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Anaxyrus debilis</i>	Sapo verde	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
<i>Spea hammondi</i>	Sapo de espuelas occidental	Casi amenazado (NT)	

Fuente: Elaboración propia con base en CONABIO (s.f.)

Tabla 36. Lista de artrópodos bajo protección

Nombre científico	Nombre común principal	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN)
<i>Procambarus (Scapulicambarus) clarkii</i>	Cangrejo americano	Preocupación menor (LC)
<i>Thermosphaeroma cavicauda</i>		En peligro crítico (CR)
<i>Onthophagus fuscus</i>		Preocupación menor (LC)
<i>Sympetrum corruptum</i>	Rayadora abigarrada	Preocupación menor (LC)
<i>Bombus (Fervidobombus) pensylvanicus</i>	Abejorro americano	Vulnerable (VU)
<i>Bombus (Pyrobombus) ephippiatus</i>	Abejorro rojizo	Preocupación menor (LC)

Fuente: Elaboración propia con base en CONABIO (s.f.)

3. MÉTODOS

3.1 Diseño de muestreo

Con base en la tabla 1, se eligieron 3 asentamientos por cada clase (se seleccionaron con el fin de tener una cobertura distinta de áreas verdes para comparar; 1,3 y 5; tabla I). Estas zonas fueron visitadas para hacer un inventario de especies arbóreas en el periodo junio – julio de 2019, dentro de estos asentamiento o colonias se ubicará un parque, un área verde y un camellón correspondientes a los asentamientos se seleccionará un área verde por cada uno.

Tabla I. Clases y rango de las áreas verdes de Ciudad Victoria, Durango (Blancarte, 2016).

Clase	Rango	Número de áreas verdes
1	0.01 – 2.24	136
2	2.25 – 4.49	34
3	4.50 – 6.74	23
4	6.75 – 9.00	17
5	9.01 <	46

Elaboración propia con base en Blancarte (2016)

En cada área verde seleccionada se tomaron parámetros para evaluar el estado de la vegetación, realizando un registro de las medidas de diámetro normal (DN), altura (h). El DN se registró con una cinta métrica y la altura con el software de DESKIS (2016) aplicación para celular «Medir altura» la cual se basa en funciones trigonométricas. Además se midió la altura de inicio de la copa y el diámetro de la cobertura de la copa. Todas las muestras de suelo y variables climáticas se tomaron en las siguientes fechas para cada área verde:

1. Asentamientos Humanos, 25 – Jun – 2019
2. Juan Lira, 26 – Jun- 2019
3. Las Fuentes, 27 – Jun – 2019
4. Insurgentes, 29 – Jun – 2019
5. SAHOP, 1 – Jul – 2019
6. Burócratas, 2 – Jul – 2019
7. Jardines de Durango, 4 – Jul – 2019
8. Plaza Benito Juárez, 2 – Jul – 2019
9. Granja Graciela, 9 – Jul – 2019
10. Jardín Hidalgo, 10 – Jul – 2019
11. Silvestre el Dorador, 11 – Jul – 2019
12. Chulas Fronteras, 12 – Jul – 2019



3.1.1 Extracción de muestras del suelo

Material:

- 1) Bolsas de plástico
- 2) Marcador permanente
- 3) Pala
- 4) Cuchillo de campo
- 5) Papel estraza

Procedimiento:

- 1) Tomar una muestra de 300 kg aproximadamente hasta la profundidad de 0 – 30 cm
- 2) Colocar las muestras en las bolsas de suelo, sellar y rotular.
- 3) Realizar 3 repeticiones de cada área.

Nota: Se procedió a secar las muestras al ambiente sobre papel, posteriormente se volvieron a guardar en bolsas de plástico previamente etiquetadas para su traslado al Laboratorio de Geografía Física.

3.1.2 Muestras para densidad aparente

Material:

- 1) Bolsas de plástico
- 2) Marcador permanente
- 3) Cilindros metálicos o de PVC de 5 cm de diámetro, 3 cm de altura y 1 – 2 mm de espesor
- 4) Cuchillo o cutter

Procedimiento:

- 1) Previo a tomar la muestra se debe retirar la capa superficial de vegetación.
- 2) El suelo tiene que tener una cierta humedad que permita extraer la muestra sin que se fracture. Si el suelo no tiene la humedad deseada, humedezca el sector donde va a tomar la muestra.
- 3) Clavar los cilindros a la profundidad deseada.
- 4) La muestra de suelo tiene que sobrepasar los extremos del cilindro unos 5 mm (sobrante).
- 5) Envolver el cilindro que contiene la muestra sin disturbar con la bolsa.
- 6) Colocar la muestra cuidadosamente dentro de la bolsa y sellar (1 muestra por bolsa).
- 7) Rotular para su traslado al Laboratorio de Geografía Física.

Nota: Realizar 3 repeticiones por área verde. El volumen del cilindro tiene que estar completamente cubierto de suelo, sin tener grietas o faltante de material.



3.1.3 Campo. Temperatura y humedad relativa

Los datos de las variables ambientales (temperatura atmosférica y humedad relativa, ruido y radiación solar) que se tomaron en las áreas verdes se evaluaron en la mañana (9:00 – 13:00) y en la tarde (13:00 – 17:00) con tres repeticiones para cada uno (resultados en el anexo 4).

Equipo:

- 1)

Procedimiento:

- 1) Se tomaron los datos de temperatura y humedad relativa en tres puntos diferentes dentro del área de estudio.

3.1.4 Radiación solar

Además de lo anterior, en el caso de la radiación se tomó en cuenta la exposición al sol directo (luz) y debajo de la cobertura de la vegetación (sombra).

Equipo:

- 1)

Procedimiento:

- 1) Se tomó la radiación directa del sol en tres puntos diferentes dentro del área verde.
- 2) Se tomó la radiación bajo la sombra de algún árbol en tres sitios diferentes.

3.1.5 Temperatura superficial

Equipo:

- 1)

Procedimiento:

- 1) Con el equipo se tomó la temperatura superficial de diferentes superficies dentro del área verde principalmente suelo desnudo, adoquín, pavimento y pasto, los sitios que contaban con mobiliario como bancas y juegos infantiles también se tomaron en cuenta.

- 2) Estos datos de temperatura se tomaron en superficies que estaban expuestos directamente al sol y también se buscaron elementos con superficies que estuvieran cubiertas por la sombra de algún árbol.

3.1.6 Ruido

Material:

Procedimiento:

- 1) Se trazó una ruta caminado por las zonas donde la gente se reúne, se tomaron varias mediciones para así registrar el valor, mínimo, máximo y promedio de los mismos.

3.2. Métodos para el análisis edáfico

3.2.1 Preparación del suelo

Material:

- 1) Papel estraza
- 2) Tamiz N 10 (malla 2 mm)

Procedimiento:

- 1) Una vez en el laboratorio cada muestra fueron puestas sobre papel estraza y para que se secan a temperatura ambiente.
- 2) Una vez seco, tamizar la muestra para retirar las rocas.
- 3) Homogenizar las muestras, agitar cada una durante 5 minutos dentro de una bolsa de plástico.

3.2 2 Textura al tacto

Material:

- 1) Manual de Siebe
- 2) Tabla blanca
- 3) Piseta



Procedimiento:

- 1) Tomar una muestra de suelo y seguir la clave del manual para suelos de Siebe *et al* (2006).
- 2) Página 15 del Manual de suelos de Siebe

3.2.3 Color

Material

- 1) Tablas Munsell
- 2) Color
- 3) Espátula
- 4) Placas de porcelana

Procedimiento:

- 1) Tomar una muestra de suelo secada al aire y colocar en la placa de porcelana.
- 2) Comparar el color de la muestra con el de las tablas Munsell para obtener las tres propiedades del suelo: matiz, brillo e intensidad cromática.
- 3) Humedecer la muestra de suelo de la placa y comparar nuevamente con las tablas de Munsell.
- 4) Reportar el color del suelo en seco y en húmedo.

Nota: realizar las comparaciones con las tablas bajo una intensa luz solar.

3.2.4 Contenido de humedad

Material:

- 1) Espátula
- 2) Charolas de aluminio

Equipo:

- 1) Balanza analítica
- 2) Estufa de secado (105 °C)
- 3) Desecador al vacío

Procedimiento:

- 1) Una vez tamizado el suelo, pesar 100 g de suelo previamente secado al aire, con una precisión de 0.01 g. y colocar en una charola de aluminio.
- 2) Secar en la estufa por 24 horas a 105 °C.
- 3) Retirar de horno y enfriar en el desecador, una vez frío volver a pesar.

Cálculos:

$$\text{Moist (wt\%)} = \left[\frac{(A - B)}{(B - \text{peso frasco})} \right] \times 100$$

Factor de corrección para humedad:

$$\text{Moisture correction factor} = \frac{(100 + \% \text{ moist})}{100}$$

Nota. Reportar el contenido de humedad en porcentaje con un decimal. Todos los datos analíticos deben ser corregidos con el factor de corrección de humedad y expresados con base al suelo secado al horno.

3.2.5 Densidad aparente

Material:

- 1) Cilindros metálicos o de PVC
- 2) Charolas de aluminio
- 3) Espátula
- 4) Probetas de 5, 10 ml

Equipo:

- 1) Estufa de secado 105 °C
- 2) Balanza analítica
- 3) Desecador al vacío

Procedimiento

- 1) Pesar las charolas de aluminio para cada muestra a utilizar y rotular.
- 2) Enrazar los cilindros, quitando el material sobrante de ambos bordes.
- 3) Vaciar el contenido del cilindro en la charola de aluminio.

- 4) Volver a pesar con la muestra de suelo (a este peso se le resta el peso de la charola = Pp).
- 5) Colocar las charolas de aluminio dentro de la estufa durante 24 horas.
- 6) Retirar de la estufa y enfriar en el desecador, una vez frío volver a pesar.
- 7) Volver a colocar en la estufa durante 24 horas, y volver a pesar. Repetir este peso hasta obtener un peso constante (Ps).
- 8) Se procede a hacer una separación de las piedras y raíces de la muestra con un tamiz N10 (a).
- 9) Pesar las piedras (Pp) y obtener su volumen por medio del desplazamiento de agua en una probeta (Vp).

Cálculo:

$$DA = \frac{(Ps - Pp)}{(Vc - Vp)}$$



Nota. El cálculo de la densidad aparente se hace con el peso constante del suelo (sin piedras y raíces) y el volumen del cilindro ocupado para el levantamiento de la muestra fue de (Vc=129.34 cm³).

3.2.6 Densidad real (método del picnómetro)

Material:

- 1) Espátula
- 2) Picnómetros
- 3) Probeta 25 ml
- 4) Piseta con agua destilada

Equipo:

- 1) Balanza analítica
- 2) Estufa
- 3) Desecador al vacío

Procedimiento:

- 1) Limpiar y secar los picnómetros en la estufa a 105 °C durante 24 horas.
- 2) Retirar de la estufa y enfriar en el desecador, una vez frío.
- 3) Pesar el picnómetro incluyendo el tapón y anotar el peso.
- 4) Colocar una muestra de 5 g de suelo y pesar de nuevo y anotar el peso.



- 5) Restar el peso del picnómetro al valor anterior para obtener el peso de la muestra de suelo (S).
- 6) Llenar con agua destilada aproximadamente a un tercio del volumen del picnómetro.
- 7) Desalojar el aire de la suspensión agua-suelo con suaves movimientos de rotación y dejar reposar 5 minutos.
- 8) Evitar que se formen burbujas en la suspensión, llenar de agua el picnómetro incluyendo el capilar del tapón, tapar cuidadosamente.
- 9) Pesarse nuevamente para obtener el peso del suelo más el peso del agua (S+a).
- 10) Vaciar todo el contenido del picnómetro y lavar con agua destilada.
- 11) Volver a llenar solo con agua hasta el capilar, pesar y anotar el dato (A).

Cálculos:

$$DP = \frac{S}{S + A - (S + a)}$$

Donde:

S = peso de la muestra de suelo

A = peso del agua con el picnómetro

S + a = peso del suelo más peso del agua (con el peso del picnómetro)

3.2.7 Espacio Poroso

Cálculos:

$$Espacio\ poroso = 1 - \frac{DA}{DR} (100)$$

Donde:

DA = densidad aparente

DR = densidad real

Tomado de Elliott et al. (1999); Flores y Alcalá (2010).

3.2.8 pH y Conductividad

Material:

- 1) Espátula
- 2) Tubos Falcón de 50 ml
- 3) Piseta con agua desionizada
- 4) Papel filtro



- 5) Embudos
- 6) Vasos de precipitados

Equipo:

- 1) Balanza analítica
- 2) Potenciómetro HANNA HI9813 – 5N
- 3) Agitador
- 4) Termómetro

Reactivos:

- 1) Solución buffer reactivo Meyer pH 7.00 ± 0.01
- 2) Solución buffer reactivo Meyer pH 10.00 ± 0.01
- 3) Solución estándar para conductividad HANNA HI7031 a $1413 \mu\text{S cm}^{-1}$

Procedimiento:

- 1) Pesar 10 g de la muestra de suelo tamizado y colocar en un tubo Falcón.
- 2) Agregar 25 ml de agua desionizada para preparar una suspensión 1:2.5.
- 3) Agitar vigorosamente la suspensión durante 2 horas usando el agitador, posteriormente dejar reposar.
- 4) Filtrar las muestras con papel filtro previo a tomar las lecturas de pH y conductividad.
- 5) Colectar el filtrado en tubos Falcón.
- 6) Calibrar el medidor de pH con el instructivo del potenciómetro con las soluciones buffer.
- 7) Sumergir el electrodo en la superficie de la suspensión, leer el pH cuando se estabilice* la lectura y anotar el valor.
- 8) Para medir la CE calibrar con la solución estándar.
- 9) Sumergir nuevamente el electrodo en la superficie de la suspensión, anotar el valor de la CE cuando se estabilice la lectura.

Notas: Tomar tres repeticiones por muestra. Los valores de pH se reportan con exactitud de 0,1 unidades.* La lectura se considera estable cuando los cambios no son mayores de 0.1 de unidad cada 30 segundos (o 0.02 unidades por 5 segundos). En suelos calcáreos la estabilización puede ser difícil de lograr debido a las condiciones de equilibrio.

Antes de la lectura, calibrar el medidor de pH con soluciones amortiguadoras para el intervalo a medir. Debido a que las diferencias en intervalo de las mediciones de calibración podrían estar fuera de un rango de calibración lo que podría resultar en error.

Las soluciones amortiguadoras no deben ser almacenadas durante lapsos largos. Especialmente el pH 9 y 10, ya que son soluciones sensibles al CO₂ lo que las hace poco fiables.

3.3 Superficie permeable y densidad arbórea total

De los datos registrados en campo (Tabla II), se tomó en cuenta el radio de la copa para la estimación de la cobertura de copa.

Tabla II. Datos recolectados por área verde en parques de la ciudad de Durango

Datos taxonómicos			Datos fenológicos			Datos ecológicos			
Nombre científico	Nombre común	Familia	Dimensión			Suelo			
			h	DN	Cobertura ($\pi \times \text{radio}^2$)	Temperatura	pH	Humedad	Intensidad lumínica

h= altura del árbol; DN=Diámetro normal

Fuente: Elaboración propia

3.4 Determinación de especies

La identificación de especies se realizó en el sitio con la ayuda del manual de fichas de CONABIO, así como la revisión de las fichas técnicas de las especies y el libro de Vázquez-Yanes, Muñoz, Silva, Díaz, & Dirzo (1999). Para la determinación del estado de la especie se realizó un cotejo con la información de la CONABIO por medio de fotografías.

3.5 Índices de diversidad

Se determinaron los siguientes índices de diversidad, con las siguientes ecuaciones. La riqueza específica se relaciona con el número de especies presentes en la comunidad. Entonces, puede parecer que un índice apropiado para caracterizar la riqueza de especies de una comunidad sea el ‘número total de especies’ (S)³⁴. De aquí destaca el índice de Margalef (1958):

$$R_1 = \frac{S - 1}{\ln(n)}$$

Donde R = índice de Margalef, S = número de especies presentes, n = número de individuos

Y el índice de Menhinick (1964):

$$R_2 = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

³⁴ En ecosistemas naturales es prácticamente imposible enumerar todas las especies de la comunidad y S depende del tamaño de la muestra por lo que es limitado como índice comparativo.

Donde $R_2 = s$ índice de Menhinick y $S =$ número de especies presentes, $n =$ número de individuos

Para determinar la diversidad se utilizó el índice de Simpson (1949) y el índice de Shannon – Wiener. El índice de Simpson fue el primero en utilizarse en la ecología, para obtenerlo se utiliza la siguiente ecuación:

$$D_{Si} = \sum_{i=1}^S p_i^2$$

Donde D_{Si} es el índice de diversidad de Simpson $p_i =$ abundancia proporcional de la i ésima especie; representa la probabilidad de que un individuo de la especie i esté presente en la comunidad, siendo entonces la sumatoria de p_i igual a 1 y

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Donde $N =$ número total de individuos para todas las S especies en la comunidad (S); $n_i =$ número de individuos de la especie i

Derivado este índice se expresa la probabilidad de encontrar dos individuos de la misma especie en dos sustracciones sucesivas al azar y sin reposición (Si_D). Este índice le da un peso mayor a las especies abundantes subestimando las especies raras; su valor se encuentra entre 0 (baja diversidad) y hasta un máximo de $[1 - 1/S]$ (Reyes y Torres-Florez, 2009).

$$Si_D = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2 = 1 - D_{Si}$$

Donde $Si_D =$ la probabilidad de encontrar dos individuos de la misma especie, $D_{Si} =$ índice de diversidad de Simpson, $p_i =$ proporción de la especie i en la muestra

El índice de Shannon – Weaver (H') expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies. Ese índice adquiere valores entre cero (cuando hay solo una especie), y el logaritmo de S (cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos) (Magurran, 1988). La unidad se expresa como bits ind^{-1} (logaritmo base 2) aunque puede emplearse otra base como e (nits ind^{-1}) o 10 (decits ind^{-1}). Es el índice más utilizado en la ecología de comunidades.

$$H' (bits\ ind^{-1}) = - \sum_{i=1}^S p_i * \log_2 p_i$$

Donde $H' (bits\ ind^{-1}) =$ índice de Shannon – Weaver, $S =$ número de especies, $p_i =$ proporción de la especie i en la muestra

La precisión de la estimación del índice de Shannon – Wiener puede calcularse con la siguiente ecuación:

$$DS_{H'} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^S \log_2 n_i - (\sum_{i=1}^S n_i \log_2 n_i)^2}{n^2}}$$

$SD_H =$ Desviación estándar del índice de Shannon – Wiener, $n =$ número de individuos

3.5.1 Diversidad de Hill

La comparación entre los índices anteriores es difícil debido a que las unidades no coinciden por lo que Hill (1973) sugirió realizar transformaciones matemáticas para obtener los números de diversidad. La unidad de estos números son números de especies, miden lo que se denomina el número efectivo de especies presentes en la muestra, y son una medida del grado de distribución de las abundancias relativas entre las especies, este índice no se ve afectado por la riqueza de las especies. N_0 es el ‘número de total de especies’ de la muestra; N_1 es el ‘número de las especies abundantes’ y N_2 es el ‘número de las especies muy abundantes’ en la muestra. Es decir que el número efectivo de especies es una medida del número de especies en la muestra donde cada especie es ponderada por su abundancia ($N_0 > N_1 > N_2$).

Los cuales son:

$$\text{Número 0: } N_0 = S$$

$S =$ número de especies

$$\text{Número 1: } N_1 = e^{H'}$$

$H' =$ Índice de Shannon – Wiener (con \ln)

$$\text{Número 1: } N_2 = \frac{1}{D_{Si}}$$

$D_{Si} =$ Índice de Simpson

Hill también propuso la razón entre N_2 y N_1 como un índice de equitabilidad, descrito en la siguiente ecuación:

$$E_{Hi} = \frac{1}{D_{Si}} \cdot \frac{1}{e^{H'}} = \frac{N_2}{N_1}$$

3.5.2 Índice de equitabilidad

El índice de equidad de Pielou (J') se utiliza para medir la proporción de la diversidad observada en cada parque con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma del 1 corresponde a situaciones donde todas las especies con igualmente abundantes (Reyes y Torres-Florez, 2009).

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Donde $H'_{max} = \ln(S)$, H' = medida logarítmica de la diversidad

El índice de Sheldon (1969), es una forma exponencial de J' :

$$E_{She} = \frac{2^{H'}}{S}$$

Donde E_{She} = índice de Sheldon, H' = medida logarítmica de la diversidad, S = número de especies

3.5.3 Coeficiente de similitud

El coeficiente de similitud de Jaccard es una medida inversa de la diversidad (Pielou, 1975 citado en Reyes y Torres-Florez, 2009). El intervalo de valores de este índice va de 0 (donde no hay especies compartidas) y 1 (donde ambas tienen la misma composición de especies).

$$I_j = \frac{c}{a + b - c}$$

Donde I_j = coeficiente de similitud, a = número de especies presentes en el sitio A, b = número de especies presentes en el sitio B y c = número de especies presentes en ambos sitios A y B

4. TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL INMOBILIARIO URBANO

Tabla 37. Temperatura superficial del inmobiliario urbano de las áreas verdes por absorción de la radiación

Parque/Material		Mañana (° C)							Tarde (° C)						
		Suelo	Pasto	Adoquín	Grava	Bancas	Juegos infantiles	Pavimento	Suelo	Pasto	Adoquín	Grava	Bancas	Juegos infantiles	Pavimento
Lucio cabañas	Sol	33.7		18.4					38.3		25.2				
	DS	5.72		DI					1.56		DI				
	Sombra	24.2													
	3														
	DS	4.01													
Juan Lira	Sol	34.5		36.8					39.4		25.2				
	8														
	DS	4.99		DI					DI		DI				
	Sombra	23.8		24.8					25		20				
	8														
	DS	3.35		DI					DI		DI				

Parque/Material		Mañana (° C)							Tarde (° C)						
		Suelo	Pasto	Adoquín	Grava	Bancas	Juegos infantiles	Pavimento	Suelo	Pasto	Adoquín	Grava	Bancas	Juegos infantiles	Pavimento
Granja Graciela	Sol	16.5	15.9			16.7		20.4	31.9	37.3			49.5		39
			5						5						
	DS		0.21												
	Sombra	15.4	16.1					18.9	22.5	21.8			24.5		26.8
	DS														
Silvestre Dorador	Sol	24.9	23.1	27.9		31.6		27.6	44.6	35.2	44.7		39.0		42.8
		3	3	3		7			7	7			3		3
	DS	2.15	0.6	0.59		1.76		0.79	3.61	1.42	7.49		1.39		4.27
	Sombra	16.1	17.3	21.2		18.5		20.3	19.1	19.6	21.8		22.4		22.9
	DS	1.4	1.39	0.7		0.6		0.44	2.56	1.2	3.1		4.12		0.78
Insurgentes	Sol	44.3	33.1			45.3		27.6	42.9	34.7			50.0		
		3	3			5			3				7		
	DS	9.35	6.26			1.91			1.45	0.94			1.4		

Parque/Material		Mañana (° C)							Tarde (° C)							
		Suelo	Pasto	Adoquín	Grava	Bancas	Juegos infantiles	Pavimento	Suelo	Pasto	Adoquín	Grava	Bancas	Juegos infantiles	Pavimento	
	Sombra	25.8	21.5			25.7		21.6	22.6	23.0			22.4			
	DS	8.17	4.89			1.7		0.85	7	3			3			
Burócrata	Sol	26.4	22	26.8		19.4	31.6	28.8	48.7	36.5	52.6	59.4	60.5	50.7	43.9	
	DS	3				5	7	3								
	DS	1.85	3.2	1.51		0.92	8.2	0.46					9.19	15.7		
	Sombra	7	15.0	15.3	18.6		25	18.2	20.8	21.1	19.1	22.9	30.9	33	23.7	23
	DS	1.63	1.22	1.01		1.41	5.29	2.13	1.41	8.34	3.04	5.66	5.66	0.83	0.14	
Jardín Juárez	Sol	27.4	25.6	28.9		38.0		34.1	30.3	34.0	48.3		55.2		45.6	
	DS	5	3	5		7		8	8	5	3				3	
	DS	2.36	1.05	1.33		3.57		2.3	6.28	5.25	4.02		7.67		8.27	
	Sombra	3	16.7	15.5	19.8		19.7		19.2	20.3	22.5	26.3		31.3		31.4
		3	5	8		7		5	5	3	8		8		5	

Parque/Material		Mañana (° C)							Tarde (° C)						
		Suelo	Pasto	Adoquín	Grava	Bancas	Juegos infantiles	Pavimento	Suelo	Pasto	Adoquín	Grava	Bancas	Juegos infantiles	Pavimento
	DS	2.05	0.95	1.65		0.72		0.76	0.85	0.62	3.87		5		6.7
Jardín Hidalgo	Sol		26.1 7	32.2 7		31.0 8		30.8 3		35.1 7	53.8 7		56.1 8		53.0 7
	DS		1.21	4.56		11.7 8		2.65		1.91	0.67		22.0 7		1.03
	Sombra		17.1 3	22.3 3		19.4 8		20		23.7 7	23.9 3		24.8		25.7 7
	DS		0.64	3.18		0.7		0.9		2.63	2.25		2.25		5.95
Las fuentes	Sol	37.8 5	26.6	41.2	47.2			33	67.3	34.9	52.5	52.4 5			
	DS	0.64							3.25	1.84	0.7	4.88			
	Sombra	20.4 5	19.3	22.4	21.9			20.9	22.2	19.5	22.7 5	29.7			
	DS	0.78							3.11	0.7	1.77	0.14			

Parque/Material		Mañana (° C)							Tarde (° C)						
		Suelo	Pasto	Adoquín	Grava	Bancas	Juegos infantiles	Pavimento	Suelo	Pasto	Adoquín	Grava	Bancas	Juegos infantiles	Pavimento
Chulas fronteras	Sol	26.6	29.1	28	28.8		27.6	22.6	40.1	34.1	41.5	40.5		36.7	38.9
		3			7		7	3	3	7	3	3		3	7
	DS	3.17	1.3	2.02	1.47		0.55	5.92	5.75	2.56	1.36	1.62		2.01	3.86
	Sombra	22.4	17.2	19.8	16.7		23.8	21.2	23.2	22.5	25.2	21.7		26.5	25.6
	DS	5.56	2.38	2.07	2.32		3.04	1.59	0.7	0.5	1.01	1.8		1.1	2.71
SAHOP	Sol	33.5		24.8	28.3				47.5		43.4	48.5			
		3			7										
	DS	0.68		0.93	3.57				5.15		0.17	2.21			
	Sombra	18.5		18	20.7				29.5		29.2	34.2			
	DS	1.18		0.84	0.87				3.07		2.29	2.57			
Jardines de Durango	Sol	29.7	23.5					26.5	63.3	44.5					50.1
		7	3						7	3					

Parque/Material	Mañana (° C)								Tarde (° C)							
	Suelo	Pasto	Adoquín	Grava	Bancas	Juegos infantiles	Pavimento	Suelo	Pasto	Adoquín	Grava	Bancas	Juegos infantiles	Pavimento		
DS	4.86	1.75					4.11	14.3 6	1.76					1.28		
Sombra	14.1	14.0 3					14.9 7	24.2	19.5					28.1		
DS	1.56	0.93					0.86	3.27	2.09					5.87		

Datos tomados con Infrared thermometer

DS = Desviación estándar; DI = datos insuficientes; los espacios en blanco no fueron determinados o bien no se encontraban en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia.

5. TABLAS DE ABUNDANCIA Y RIQUEZA ESPECÍFICA POR COLONIA

Tabla 38. Número de individuos por especie y por área verde

Especie / Nombre del parque	Lucio Cabañas	Juan Lira	Las Fuentes	Insurgentes	SAHOP	Silvestre Revueltas	Burócrata	Jardín Juárez	Chulas Fronteras	Jardines de	Granja Graciela	Jardín Hidalgo	TOTAL
<i>Acacia farnesiana</i>										3			3
<i>Acer spp</i>			4						1	1	3		9
<i>Agave spp</i>								5	1	2			8
<i>Alnus spp</i>				1									1
<i>Aloe vera</i>									1	2			3
<i>Araucaria araucana</i>										1			1
<i>Bauhinia forficata</i>	2	2				2				1			7
<i>Bougainvillea glabra</i>												2	2
<i>Callistemon citrinus</i>										3			3
<i>Casimiroa edulis</i>									1				1
<i>Casuarina equisetifolia</i>		1	1	2	1	1				36			42
<i>Ceiba pentandra</i>										1			1
<i>Citrus spp</i>						1				3			4
<i>Cupressus spp</i>	4	36	15	6	17	3	1	23		16	1	13	135
<i>Cydonia oblonga</i>										1			1
<i>Dracaena marginata</i>										7		8	15
<i>Echinocactus platyacanthus</i>								1		2			3
<i>Eriobotrya japonica</i>						1		2		7			10
<i>Erythrina coralloides</i>			1	4									5
<i>Eucalyptus spp</i>	1	6	1	4	74	7	1	1	3	85	2		185
<i>Ficus carica</i>										2			2



<i>Ficus spp</i>	6	3	8			18	1	1		2			39
<i>Fraxinus spp</i>	1	1	57	31	45	11	11	26	30	23	23	5	264
<i>Grevillea robusta</i>					1								1
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	1		8		4			3	2	7			25
<i>Juglans regia</i>									5	4			9
<i>Juniperus sabina</i>							1						1
<i>Laurus nobilis</i>							8						8
<i>Ligustrum lucidum</i>	19	6	35	1	6		1	25		66		72	231
<i>Melia azedarach</i>		5	7	1		2		1	2	3			21
<i>Moringa oleifera</i>									1				1
<i>Morus spp</i>		5	5	1		6	1	43	2	6		1	70
<i>Musa x paradisiaca</i>			1										1
<i>Nerium oleander</i>										39	1		40
<i>Olea spp</i>			1										1
<i>Opuntia ficus-indica</i>			2		3					1			6
<i>Pachycereus marginatus</i>										1		2	3
<i>Phoenix canariensis</i>		3	20	1	1	1	8	2		33			69
<i>Phyllostachys aurea</i>									1	2			3
<i>Pinus spp</i>	16	18	4	3	22	10	15	86		52	16	1	243
<i>Platanus mexicana</i>			1										1
<i>Platycladus orientalis</i>		2	4			3		7	1	16		8	41
<i>Populus fremontii</i>		5	3		12	2	1	9		4			36
<i>Prosopis laevigata</i>										10			10
<i>Prunus armeniaca</i>			5										5
<i>Prunus cerasifera</i>										1			1
<i>Prunus persica</i>			3										3
<i>Psidium guajava</i>		1											1
<i>Pyracantha coccinea</i>								1				3	4
<i>Quercus spp</i>					1				15	3	1		20
<i>Roystonea regia</i>							6						6
<i>Salix babylonica</i>							1						1
<i>Sambucus nigra</i>										4			4
<i>Schinus molle</i>		8						1				1	10

<i>Taxodium mucronatum</i>			1	1	3			1		5			11
<i>Washingtonia filifera</i>	1	1	2	3	2	1	5	16		4			35
<i>Yucca elephantipes</i>		1		3	4	1			1				10
TOTAL	51	104	189	62	196	70	61	254	67	459	47	116	1676

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39. Abundancia y riqueza específica del parque Lucio Cabañas

Nombre común	Nombre científico	Abundancia	Abundancia relativa (%)
CEDRO	<i>Cedrus spp</i>	4	7.84
EUCALIPTO SPP	<i>Eucalipto spp</i>	1	1.96
FICUS	<i>Ficus spp</i>	6	11.76
FRESNO	<i>Fraxinus spp</i>	1	1.96
TRUENO	<i>Ligustrum lucidum</i>	19	37.25
PALMA DE ABANICO	<i>Washingtonia filifera</i>	1	1.96
JACARANDA	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	1	1.96
PINO	<i>Pinus spp</i>	16	31.37
PATA DE VACA	<i>Bauhinia forficata</i>	2	3.92
RIQUEZA ESPECÍFICA	9	51	100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. Abundancia y riqueza específica del parque Juan Lira

Nombre común	Nombre científico	Abundancia	Abundancia relativa (%)
ÁLAMO	<i>Populus fremontii</i>	5	4.81
CASUARINA	<i>Casuarina equisetifolia</i>	1	0.96
CEDRO	<i>Cupressus spp</i>	36	34.62
EUCALIPTO	<i>Eucalipto spp</i>	6	5.77
FICUS	<i>Ficus spp</i>	3	2.88
FRESNO	<i>Fraxinus spp</i>	1	0.96
GUAYABA	<i>Psidium guajava</i>	1	0.96
LILA/CHINO	<i>Melia azedarach</i>	5	4.81
MORA	<i>Morus spp</i>	5	4.81
PALMA CANARIA	<i>Phoenix canariensis</i>	3	2.88
PALMA DE ABANICO	<i>Washingtonia robusta</i>	1	0.96
PATA DE VACA	<i>Bauhinia variegata</i>	2	1.92
TRUENO	<i>Ligustrum lucidum</i>	6	5.77
PIRUL	<i>Schinus molle</i>	8	7.69
PINO	<i>Pinus spp</i>	18	17.31
YUCCA	<i>Yucca elephantipes</i>	1	0.96
TUYA	<i>Platycladus orientalis</i>	2	1.92
RIQUEZA ESPECÍFICA	17	104	100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41. Abundancia y riqueza específica del parque Granja Graciela

Nombre común	Nombre científico	Abundancia	Abundancia relativa (%)
ACER	<i>Acer negundo</i>	3	6.38
ADELFA	<i>Nerium oleander</i>	1	2.13
CEDRO	<i>Cupressus</i> spp	1	2.13
ENCINO	<i>Quercus</i> spp	1	2.13
EUCALIPTO	<i>Eucalyptus</i> spp	2	4.26
FRESNO	<i>Fraxinus</i> spp	23	48.94
PINO	<i>Pinus</i> spp	16	34.04
RIQUEZA ESPECÍFICA	7	47	100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42. Abundancia y riqueza específica del parque Silvestre Revueltas

Nombre común	Nombre científico	Abundancia	Abundancia relativa (%)
ÁLAMO	<i>Populus fremontii</i>	2	2.86
CASUARINA	<i>Casuarina equisetifolia</i>	1	1.43
CEDRO	<i>Cupressus</i> spp	3	4.29
EUCALIPTO	<i>Eucalipto</i> spp	7	10.00
FICUS	<i>Ficus</i> spp	18	25.71
FRESNO	<i>Fraxinus uhdei</i>	11	15.71
LILA/CHINO	<i>Melia azedarach</i>	2	2.86
MANDARINA	<i>Citrus reticulata</i>	1	1.43
MORA	<i>Morus</i> spp	6	8.57
NÍSPERO	<i>Eriobotrya japonica</i>	1	1.43
PALMA CANARIA	<i>Phoenix canariensis</i>	1	1.43
PALMA DE ABANICO	<i>Washingtonia robusta</i>	1	1.43
PATA DE VACA	<i>Bauhinia forficata</i>	2	2.86
PINO	<i>Pinus</i> spp	10	14.29
TULIA	<i>Platycladus orientalis</i>	3	4.29
YUCCA	<i>Yucca elephantipes</i>	1	1.43
RIQUEZA ESPECÍFICA	16	70	100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43. Abundancia y riqueza específica del parque Insurgentes

Nombre común	Nombre científico	Abundancia	Abundancia relativa (%)
AILE	<i>Alnus</i> spp	1	1.61
CASUARINA	<i>Casuarina equisetifolia</i>	2	3.23



CEDRO	<i>Cupressus</i> spp	6	9.68
COLORIN	<i>Erythrina coralloides</i>	4	6.45
EUCALIPTO	<i>Eucalipto</i> spp	4	6.45
FRESNO	<i>Fraxinus uhdei</i>	31	50.00
LILA/CHINO	<i>Melia azedarach</i>	1	1.61
MORA	<i>Morus</i> spp	1	1.61
PALMA CANARIA	<i>Phoenix canariensis</i>	1	1.61
PALMA DE ABANICO	<i>Washingtonia robusta</i>	3	4.84
PINO	<i>Pinus</i> spp	3	4.84
SABINO	<i>Taxodium mucronatum</i>	1	1.61
TRUENO	<i>Ligustrum lucidum</i>	1	1.61
YUCCA	<i>Yucca elephantipes</i>	3	4.84
RIQUEZA ESPECÍFICA		14	62
			100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44. Abundancia y riqueza específica del parque Burócrata

Nombre común	Nombre científico	Abundancia	Abundancia relativa (%)
ÁLAMO	<i>Populus fremontii</i>	1	1.64
CEDRO	<i>Cupressus</i> spp	1	1.64
ENEBRO	<i>Juniperus sabina</i>	1	1.64
EUCALIPTO	<i>Eucalipto</i> spp	1	1.64
FICUS	<i>Ficus</i> spp	1	1.64
FRESNO	<i>Fraxinus uhdei</i>	11	18.03
LAUREL	<i>Laurus nobilis</i>	8	13.11
MORA	<i>Morus</i> spp	1	1.64
PALMA CANARIA	<i>Phoenix canariensis</i>	8	13.11
PALMA CARIBEÑA	<i>Roystonea regia</i>	6	9.84
PALMA DE ABANICO	<i>Washingtonia robusta</i>	5	8.20
PINO	<i>Pinus</i> spp	15	24.59
SAUCE LLORÓN	<i>Salix babylonica</i>	1	1.64
TRUENO	<i>Ligustrum lucidum</i>	1	1.64
RIQUEZA ESPECÍFICA		14	61
			100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45. Abundancia y riqueza específica del parque Jardín Juárez

Nombre común	Nombre científico	Abundancia	Abundancia relativa
AGAVE LISO	<i>Agave americana</i>	5	1.97



ÁLAMO	<i>Populus fremontii</i>	9	3.54
BIZNAGA	<i>Echinocactus platyacanthus</i>	1	0.39
CEDRO	<i>Cupressus spp</i>	23	9.06
EUCALIPTO AZUL	<i>Eucalyptus globulus</i>	1	0.39
FIGUS	<i>Ficus spp</i>	1	0.39
FRESNO	<i>Fraxinus uhdei</i>	26	10.24
JACARANDA	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	3	1.18
LILA/CHINO	<i>Melia azedarach</i>	1	0.39
MORA	<i>Morus spp</i>	43	16.93
NÍSPERO	<i>Eriobotrya japonica</i>	2	0.79
PALMA CANARIA	<i>Phoenix canariensis</i>	2	0.79
PALMA DE ABANICO	<i>Washingtonia robusta</i>	16	6.30
PINO	<i>Pinus spp</i>	86	33.86
PIRACANTO / MANZANITA	<i>Pyracantha coccinea</i>	1	0.39
PIRUL	<i>Schinus molle</i>	1	0.39
SABINO	<i>Taxodium mucronatum</i>	1	0.39
TRUENO	<i>Ligustrum lucidum</i>	25	9.84
TULIA	<i>Platycladus orientalis</i>	7	2.76
RIQUEZA ESPECÍFICA	19	254	100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46. Abundancia y riqueza específica del parque Jardín Hidalgo

Nombre común	Nombre científico	Abundancia	Abundancia relativa
BUGAMBILIA	<i>Bougainvillea glabra</i>	2	1.72
CEDRO	<i>Cupressus spp</i>	13	11.21
DRACAENA	<i>Dracaena marginata</i>	8	6.90
FRESNO	<i>Fraxinus uhdei</i>	5	4.31
MORA	<i>Morus spp</i>	1	0.86
PALMA CANARIA	<i>Phoenix canariensis</i>	2	1.72
PINO	<i>Pinus spp</i>	1	0.86
PIRACANTO	<i>Pyracantha coccinea</i>	3	2.59
PIRUL	<i>Schinus molle</i>	1	0.86
TRUENO	<i>Ligustrum lucidum</i>	72	62.07
TULIA	<i>Platycladus orientalis</i>	8	6.90
RIQUEZA ESPECÍFICA	11	116	100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47. Abundancia y riqueza específica del parque Las fuentes

Nombre común	Nombre científico	Abundancia	Abundancia relativa
ÁLAMO	<i>Populus fremontii</i>	3	1.59
ARCE	<i>Acer spp</i>	4	2.12
CASUARINA	<i>Casuarina equisetifolia</i>	1	0.53
CEDRO	<i>Cupressus spp</i>	15	7.94
CHABACANO	<i>Prunus armeniaca</i>	5	2.65
DURAZNO	<i>Prunus persica</i>	3	1.59
EUCALIPTO	<i>Eucalipto spp</i>	1	0.53
FICUS	<i>Ficus spp</i>	8	4.23
FRESNO	<i>Fraxinus spp</i>	57	30.16
JACARANDA	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	8	4.23
LILA/CHINO	<i>Melia azedarach</i>	7	3.70
MORA	<i>Morus spp</i>	5	2.65
NÍSPERO	<i>Eriobotrya japonica</i>	1	0.53
NOPAL	<i>Opuntia ficus-indica</i>	2	1.06
OLIVO	<i>Olea spp</i>	1	0.53
PALMA CANARIA	<i>Phoenix canariensis</i>	20	10.58
PALMA DE ABANICO	<i>Washingtonia robusta</i>	2	1.06
PINO	<i>Pinus spp</i>	4	2.12
PLÁTANO	<i>Musa x paradisiaca</i>	1	0.53
SICOMORO	<i>Platanus mexicana</i>	1	0.53
SABINO	<i>Taxodium mucronatum</i>	1	0.53
TRUENO	<i>Ligustrum lucidum</i>	35	18.52
TUYA	<i>Platyclusus orientalis</i>	4	2.12
RIQUEZA ESPECÍFICA	23	189	100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48. Abundancia y riqueza específica del parque Chulas fronteras

Nombre común	Nombre científico	Abundancia	Abundancia relativa
AGAVE AZUL NORTEÑO	<i>Agave havardiana</i>	1	1.49
ARCE	<i>Acer spp</i>	1	1.49
BAMBÚ	<i>Phyllostachys aurea</i>	1	1.49
ENCINO	<i>Quercus spp</i>	15	22.39
EUCALIPTO AZUL	<i>Eucalyptus globulus</i>	1	1.49
EUCALIPTO DÓLAR	<i>Eucalyptus cinerea</i>	2	2.99
FRESNO	<i>Fraxinus uhdei</i>	30	44.78

JACARANDA	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	2	2.99
LILA/CHINO	<i>Melia azedarach</i>	2	2.99
MORA	<i>Morus spp</i>	2	2.99
MORINGA	<i>Moringa oleifera</i>	1	1.49
NOGAL	<i>Juglans regia</i>	5	7.46
SÁBILA	<i>Aloe vera</i>	1	1.49
TULIA	<i>Platycladus orientalis</i>	1	1.49
YUCCA	<i>Yucca elephantipes</i>	1	1.49
ZAPOTE DE LA SIERRA	<i>Casimiroa edulis</i>	1	1.49
RIQUEZA ESPECÍFICA	16	67	100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49. Abundancia y riqueza específica del parque SAHOP

Nombre común	Nombre científico	Abundancia	Abundancia relativa
ÁLAMO	<i>Populus fremontii</i>	12	6.12
CASUARINA	<i>Casuarina equisetifolia</i>	1	0.51
CEDRO	<i>Cupressus spp</i>	17	8.67
ENCINO	<i>Quercus spp</i>	1	0.51
EUCALIPTO	<i>Eucalipto spp</i>	73	37.24
EUCALIPTO DÓLAR	<i>Eucalyptus cinerea</i>	1	0.51
FRESNO	<i>Fraxinus uhdei</i>	45	22.96
JACARANDA	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	4	2.04
NOPAL	<i>Opuntia ficus-indica</i>	3	1.53
PALMA CANARIA	<i>Phoenix canariensis</i>	1	0.51
PALMA DE ABANICO	<i>Washingtonia robusta</i>	2	1.02
PINO	<i>Pinus spp</i>	22	11.22
ROBLE AUSTRALIANO	<i>Grevillea robusta</i>	1	0.51
SABINO	<i>Taxodium mucronatum</i>	3	1.53
TRUENO	<i>Ligustrum lucidum</i>	6	3.06
YUCCA	<i>Yucca elephantipes</i>	4	2.04
RIQUEZA ESPECÍFICA	16	196	100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 50. Abundancia y riqueza específica del parque Jardines de Durango

Nombre común	Nombre científico	Abundancia	Abundancia relativa
ACACIA HUIZACHE	<i>Acacia farnesiana</i>	3	0.65



ACACIA MEZQUITE	<i>Prosopis laevigata</i>	10	2.18
ADELFA	<i>Nerium oleander</i>	39	8.50
AGAVE	<i>Agave spp</i>	2	0.44
ÁLAMO	<i>Populus fremontii</i>	4	0.87
ARAUCARIA	<i>Araucaria araucana</i>	1	0.22
ARCE	<i>Acer spp</i>	1	0.22
BAMBOO	<i>Phyllostachys aurea</i>	2	0.44
BIZNAGA	<i>Echinocactus platyacanthus</i>	2	0.44
CACTUS	<i>Pachycereus marginatus</i>	1	0.22
CASUARINA	<i>Casuarina equisetifolia</i>	36	7.84
CEDRO	<i>Cupressus spp</i>	16	3.49
CEIBA	<i>Ceiba pentandra</i>	1	0.22
CIRUELO ROJO	<i>Prunus cerasifera</i>	1	0.22
CÍTRICO	<i>Citrus spp</i>	1	0.22
COLORIN	<i>Erythrina coralloides</i>	7	1.53
DRACAENA	<i>Dracaena marginata</i>	7	1.53
ENCINO	<i>Quercus spp</i>	3	0.65
ESCOBILLON CALLISTEMUN	<i>Callistemon citrinus</i>	3	0.65
EUCALIPTO	<i>Eucalyptus spp</i>	85	18.52
FICUS	<i>Ficus spp</i>	2	0.44
FRESNO	<i>Fraxinus uhdei</i>	23	5.01
HIGUERA	<i>Ficus carica</i>	2	0.44
JACARANDA	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	7	1.53
LILA/CHINO	<i>Melia azedarach</i>	3	0.65
LIMONERO	<i>Citrus x limon</i>	1	0.22
MEMBRILLO	<i>Cydonia oblonga</i>	1	0.22
MORA	<i>Morus spp</i>	6	1.31
NARANJA	<i>Citrus x aurantium</i>	1	0.22
NOGAL	<i>Juglans regia</i>	4	0.87
NOPAL	<i>Opuntia ficus-indica</i>	1	0.22
PALMA CANARIA	<i>Phoenix canariensis</i>	33	7.19
PALMA DE ABANICO	<i>Washingtonia robusta</i>	4	0.87
PATA DE VACA	<i>Bauhinia forficata</i>	1	0.22
PINO	<i>Pinus spp</i>	52	11.33
SÁBILA	<i>Aloe vera</i>	2	0.44
SABINO	<i>Taxodium mucronatum</i>	5	1.09

SAÚCO	<i>Sambucus nigra</i>	4	0.87
TRUENO	<i>Ligustrum lucidum</i>	66	14.38
TULIA	<i>Platycladus orientalis</i>	16	3.49
RIQUEZA ESPECÍFICA		40	459
			100

Fuente: Elaboración propia