

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOCIALES

MAESTRIA Y DOCTORADO EN PLANEACIÓN Y DESARROLLO  
SUSTENTABLE



***Uso de plantas para la mitigación de la contaminación  
atmosférica por material particulado en la ciudad de  
Mexicali, Baja California: el caso del Polideportivo  
Augusto Hernández Bermúdez.***

**TESIS**

Para obtener el grado de

**MAESTRO EN PLANEACIÓN Y DESARROLLO SUSTENTABLE**

Presenta

**MARIZA LIZETH TALAMANTES MARTÍNEZ**

Directora de tesis

**DRA. ADRIANA MARGARITA ARIAS VALLEJO**

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA

FEBRERO DEL 2022

## DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Declaro que la tesis que se presenta contiene material original que no ha sido presentado para la obtención de un grado académico o diploma en esta u otra institución de educación superior. Asimismo, declaro que hasta donde yo sé no contiene material previamente publicado o escrito por otra persona excepto donde se reconoce como tal a través de las citas.

Mexicali, Baja California a \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_

Mariza Lizeth Talamantes Martínez

Nombre y firma del estudiante

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a Dios por darme la vida y las fuerzas para seguir siempre adelante. Por darme la paz, entendimiento, de no dejarme caer durante esta carrera y llenarme de bendiciones todos los días para permitirme llegar a la meta.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por su apoyo a través del programa de Becas Nacionales que me ayudó económicamente durante este trayecto de estudios.

A la Facultad de Arquitectura y Diseño por ser mi segundo hogar nuevamente; al Instituto de Investigaciones Sociales y a la Universidad Autónoma de Baja California por apoyar los programas de maestría y doctorado y acogernos dentro de sus instalaciones para lograr conocimiento con beneficio hacia la sociedad.

A mis padres por ser mi más claro ejemplo de que si se quiere se puede, por su motivación, apoyo y fuerzas en momentos de cansancio. Por compartir conmigo su gran sabiduría. Por estar siempre pendiente de que nada nos faltara a mi familia y a mí. Gracias por darme la vida y enseñarme a luchar por mis ideales.

A mis hermanas Karla y Yanin por sus palabras de aliento a seguir siempre adelante y alcanzar mis sueños. Por el tiempo que le dedicaron a mi hijo mientras yo acudía a clases y realizaba mis tareas.

A Prospero, Ana y Fabiola por alentarme a estudiar de nuevo y aprender cosas nuevas todos los días. Por cuidar de Carlos, Sebastián y de mí, mientras realizaba mis tareas y no tenía tiempo para atender a mi familia. Gracias infinitas.

A mi maestra, Dra. Elva Alicia Corona Zambrano por trasmitirme tranquilidad, paz, conocimiento y energía; por sus sabios consejos durante mis estudios de maestría, y motivarme a seguir siempre adelante, por limpiar mis lágrimas y darme la mano en momentos difíciles. Gracias por todo su cariño.

A mi comité tutorial y maestros, Dr. Osvaldo Leyva Camacho, Dr. Augusto Arredondo, Dr. Cesar Ángel Peña Salmón y Dra. Rosa Imelda Rojas Caldelas, por sus comentarios que enriquecieron esta tesis, por su disponibilidad, tiempo y por compartir su conocimiento conmigo.

A mi tutora, Dra. Adriana Margarita Arias Vallejo por su apoyo, su energía enseñanzas, esfuerzo, dedicación y paciencia hacia mí.

A mi amiga y hermana Dra. Denisse Zamudio Navidad por invitarme al programa de posgrado y creer en mí en que si podía lograrlo.

A mi esposo Carlos Alberto por ser mi mejor consejero, mi apoyo y creer siempre en mí. Por su infinito amor y paciencia en esos días con tanto trabajo y estar siempre pendiente en esos días difíciles y no dejarme rendir nunca.

A mi hijo Sebastián por ser mi motor, mi impulso y mi fuerza para seguir siempre adelante y ser lo que me motivó a estudiar este posgrado.

Gracias totales.

## RESUMEN

### **“USO DE PLANTAS PARA LA MITIGACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR MATERIAL PARTICULADO EN LA CIUDAD DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, EL CASO DEL POLIDEPORTIVO AUGUSTO HERNÁNDEZ BERMÚDEZ”.**

Dentro de la planeación urbana, el cuidado del medio ambiente es considerado un tema de suma importancia, ya que al ser este afectado por distintos factores como la expansión desordenada de la ciudad, el incremento poblacional desmedido, la falta de infraestructura urbana y la contaminación derivada de estas, se pueden señalar áreas donde recaen con impactos negativos, como en el caso de las áreas destinadas a la cobertura vegetal en espacios urbanos. Debido a esto, las ciudades presentan problemáticas con incidencias en los sectores sociales, económicos y ambientales, hasta llegar a convertirse un obstáculo para el alcance del desarrollo sustentable de la localidad. Cabe señalar que la planeación urbana que se lleva a cabo actualmente en la ciudad de Mexicali, B.C., no considera los beneficios ambientales de los elementos naturales para la mitigación de la contaminación dentro de la ciudad. Es por lo anterior que, este trabajo tiene como objetivo general el análisis de las áreas verdes como parte del equipamiento deportivo recreativo, de modo tal, que el diseño, dotación y selección de la vegetación idónea para estos espacios sea utilizada como elemento clave para la mitigación de contaminantes dentro de la ciudad. Se propone una metodología desarrollada a través de 3 pasos: 1) Revisión documental e identificación de la vegetación idónea para zonas urbanizadas en la región de Mexicali, además del análisis del marco jurídico-normativo de las áreas verdes en los espacios con índole recreativo deportivo, 2) Identificación de los diferentes usos y funciones de los espacios de suelo resaltando aquellos que competen a nivel sitio, y finalmente, 3) Análisis de la vegetación ya existente a nivel sitio. Como caso se tomó al Polideportivo de la ciudad de Mexicali “Augusto Hernández Bermúdez”.

**Palabras clave:** contaminación atmosférica, material particulado, áreas verdes, equipamiento deportivo recreativo, planeación urbana, sustentabilidad.

## ABSTRACT

### **“USE OF PLANTS FOR THE MITIGATION OF ATMOSPHERIC POLLUTION BY PARTICULATE MATTER IN THE CITY OF MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, THE CASE OF POLIDEPORTIVE AUGUSTO HERNÁNDEZ BERMÚDEZ”.**

Inside the urban planning, caring for the environment is considered a very important issue, since it is affected by different factors such as the disorderly expansion of the city, excessive population increase, the lack of urban infrastructure and the resulting pollution of these, where negative repercussions fall, as in the case of areas for plant cover in urban spaces. Due to this, the cities present problems with incidents in the social, economic and environmental sectors, until they become an obstacle to the reach of the sustainable development of the town. It should be noted that the urban planning that is currently carried out in the city of Mexicali, B.C., does not consider the environmental benefits of natural elements for the mitigation of pollution within the city. For this reason, this work has as a general objective: the analysis of green areas as part of recreational sports equipment, so that the design, provision and selection of vegetation suitable for these spaces is used as a key element for the mitigation of pollutants within the city. A methodology developed through 3 steps is proposed: 1) Documentary review and identification of the ideal vegetation for urbanized areas in the Mexicali region, in addition to the analysis of the legal-regulatory framework of green areas in spaces with recreational sports, 2) Identification of the different uses and functions of the soil spaces highlighting those that compete at the site level, and finally, 3) Analysis of the existing vegetation at the site level. As a case, the Sports Center of the city of Mexicali “Augusto Hernández Bermúdez” was taken.

**Keywords:** air pollution, particulate matter, green areas, recreational sports equipment, urban planning, sustainability.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Declaración de originalidad.....	2
Agradecimientos.....	3
Resumen.....	5
Abstract.....	6
Índice de contenido.....	7
Listado de tablas.....	9
Listado de figuras.....	11
Introducción.....	14
1. Planteamiento del problema.....	14
1.1 Justificación.....	21
2. Marco teórico conceptual.....	24
2.1 Desarrollo sustentable y sustentabilidad.....	24
2.1.1 Sustentabilidad Ambiental.....	25
2.1.2 Contaminación Ambiental.....	27
a)Contaminantes Atmosféricos.....	29
b)Material Particulado.....	29
2.2 Planeación urbana.....	31
2.2.1 Mitigación y estrategias de mitigación.....	32
2.3 Vegetación.....	33
2.3.1. La vegetación y su clasificación.....	34
a) Especies vegetales.....	35
b) Tipos de plantas y su estructura.....	36
2.3.2 Vegetación en zonas áridas.....	37
2.3.3 Vegetación urbana.....	40
2.3.4 Áreas verdes.....	41

2.3.5 Beneficios de las áreas verdes.....	42
a) Económicos.....	42
b) Sociales .....	43
c) Ambientales .....	44
2.3.6 Áreas verdes públicas como parte del equipamiento urbano.....	46
2.3.7 Áreas recreativas-deportivas .....	49
a) Centro deportivo .....	49
3. Estado del Arte .....	51
4. Marco Metodológico .....	56
4.1. Área de Estudio.....	56
4.2. Metodología propuesta .....	61
4.3. Revisión documental .....	63
4.4. Análisis de uso de suelo del sitio.....	68
4.5. Análisis de vegetación en el sitio.....	69
5. Resultados.....	72
5.1 Resultados de revisión documental .....	72
5.2 Resultados del uso de suelo del sitio .....	80
5.3 Resultados de vegetación en el sitio .....	93
5.4 Análisis de resultados .....	109
6. Conclusiones.....	118
6.1 Limitaciones generales .....	120
7. Estrategias y recomendaciones.....	121
Referencias .....	126
Anexos.....	137
Anexo 1. Información de Plantas de Polideportivo “Augusto Hernández Bermúdez” .....	137
Anexo 2. Vistas del PAHB .....	138
Anexo 3. Tablas de plantas para zonas desérticas y ciudad de Mexicali, Baja California .....	151
Anexo 4. Matriz de plantas para zonas desérticas y ciudad de Mexicali, Baja California (Tabla 46) .....	Archivo adjunto en CD 158

Anexo 5. Matriz de inventario de plantas del sitio de estudio el Polideportivo “Augusto Hernández Bermúdez” de la ciudad de Mexicali, Baja California (Tabla 47).....	Archivo adjunto en CD 159
Anexo 6. Plantas encontradas en el PAHB.....	161

## **LISTADO DE TABLAS**

Tabla 1 Tipos de Clima Clasificados por Köeppen.....	35
Tabla 2 Tipos de áreas verdes.....	48
Tabla 3. Ejemplo de ficha descriptiva para las plantas.....	67
Tabla 4. Especies que contribuyen a la mitigación de la contaminación por sus funciones de purificación del aire y de control de erosión del suelo .....	73
Tabla 5. Plantas que tienen la función de purificación de la atmosfera .....	76
Tabla 6. Plantas que tienen la función de control de la erosión del suelo .....	78
Tabla 7. Clasificación de plantas que tienen doble función de descontaminación de la atmosfera y control de la erosión.....	79
Tabla 8. Áreas y porcentajes del PAHB .....	85
Tabla 9. Información de cantidad de plantas y especies encontradas en el polideportivo con las áreas totales que cubren .....	94
Tabla 10. Resumen de plantas de cobertura vegetal, cantidades y porcentajes.....	96
Tabla 11. Alturas de plantas y porcentajes .....	97
Tabla 12. Edades de plantas y porcentajes .....	98
Tabla 13. Diámetro de las plantas y porcentajes .....	98
Tabla 14. Porcentaje de árboles y arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado vigoroso.....	100
Tabla 15. Porcentaje de árboles y arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado vigoroso en cuadrante A1 .....	102
Tabla 16. Porcentaje de árboles y arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado vigoroso en cuadrante A2.....	103

Tabla 17. Porcentaje de árboles y arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado vigoroso en cuadrante A3.....	104
Tabla 18. Porcentaje de árboles y arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado vigoroso en cuadrante B1 .....	105
Tabla 19. Porcentaje de árboles y arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado vigoroso en cuadrante B2.....	106
Tabla 20. Porcentaje de árboles y arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado vigoroso en cuadrante B3 .....	107
Tabla 21. Porcentaje de árboles y arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado vigoroso en cuadrante C1 .....	108
Tabla 22. Porcentaje de árboles y arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado vigoroso en cuadrante C2.....	109
Tabla 23. Plantas idóneas para la ciudad de Mexicali que cumplen con funciones de descontaminación de la atmosfera, control de la erosión del suelo y consumo regular , escaso nulo de agua .....	110
Tabla 24. Desventajas de las especies con función purificadora y control de la erosión...	111
Tabla 25. Información de plantas de polideportivo por área de cobertura vegetal, cantidades y porcentajes.....	137
Tabla 26. Algarrobo.....	152
Tabla 27. Casuarina .....	152
Tabla 28. Casuarina cola de caballo .....	152
Tabla 29. Ciprés italiano.....	153
Tabla 30. Eucalipto.....	153
Tabla 31. Eucalipto.....	153
Tabla 32. Eucalipto silver dollar .....	154
Tabla 33. Fresno .....	154
Tabla 34. Jacaranda .....	154

Tabla 35. Pino salado .....	155
Tabla 36. Trueno.....	155
Tabla 37. Huele de noche .....	156
Tabla 38. Pimiento del Brasil .....	156
Tabla 39. Pinillo salado .....	156
Tabla 40. Romero .....	157
Tabla 41. Trueno, Ramo de novia .....	157
Tabla 42. Tuya. Enebro .....	157
Tabla 43. Novias del sol .....	158
Tabla 44. Palma abanico mexicana .....	158
Tabla 45. Palma de abanico.....	158
Tabla 46. Matriz de plantas de zonas áridas con funciones de purificación de la atmosfera y control de la erosión del suelo (Anexo 4).....	Archivo adjunto en CD
Tabla 47. Matriz de inventario del sitio estudiado PAHB (Anexo 5)	Archivo adjunto en CD

## **LISTADO DE FIGURAS**

Figura 1. Ciudad de Mexicali .....	58
Figura 2. Ubicación de la zona Los santorales y PAHB .....	59
Figura 3. El PAHB en la zona de los Santorales .....	61
Figura 4. División de cuadrantes en el sitio .....	70
Figura 5. Emplazamiento del PAHB .....	81
Figura 6. Salón de usos múltiples del PAHB .....	82
Figura 7. Canchas de futbol en el PAHB.....	82
Figura 8. Canchas de futbol rápido en el PAHB .....	83
Figura 9. Tipo de palapa usada en sitio y área de juegos infantiles .....	83

Figura 10. Tipo de palapa usada en sitio y área de juegos infantiles .....	84
Figura 11. Cafetería del PAHB .....	84
Figura 12. Ubicación de las áreas verdes recreativas .....	92
Figura 13. Ubicación de las áreas verdes deportivas.....	92
Figura 14. Cantidad de árboles en el PAHB.....	95
Figura 15. Comparativo de cantidad contra área cubierta de árboles en el PABH .....	95
Figura 16. Comparativo de cantidad contra área cubierta de arbustos en el PABH.....	96
Figura 17. Cuadrante C3 sin vegetación representativa para la mitigación de la contaminación.....	99
Figura 18. Vista panorámica del salón multiusos del PAHB .....	138
Figura 19. Vista panorámica de circuito lado sur del PAHB .....	138
Figura 20. Vista panorámica de cancha de softbol y circuito del PAHB .....	138
Figura 21. Vista panorámica de cafetería del PAHB.....	138
Figura 22. Vista panorámica desde el salón multiusos hacia el área de jardín del PAHB ..	139
Figura 23. Vista panorámica hacia las canchas de futbol durante el torneo pumas en el PAHB .....	139
Figura 24. Encaminamiento central orientación Este-Oeste del PAHB .....	139
Figura 25. Encaminamiento central Norte-Sur del PAHB .....	140
Figura 26. Vista de salón multiusos del PAHB desde encaminamiento .....	140
Figura 27. Vista de salón multiusos del PAHB .....	141
Figura 28. Vista hacia el estacionamiento Norte del PAHB .....	141
Figura 29. Vista hacia el acceso Norte del PAHB.....	142
Figura 30. Vista hacia la cancha de futbol americano convertible a futbol del PAHB .....	143
Figura 31. Vista hacia la cancha de futbol americano convertible a futbol del PAHB durante la copa pumas de Mexicali .....	143
Figura 32. Vientos fuertes con polvo en el área del PAHB.....	144

Figura 33. Quemadas de basura por vecinos cercanos al área del PAHB.....	144
Figura 34. Quemadas de basura por vecinos cercanos al área del PAHB.....	145
Figura 35. Quemadas de basura por vecinos cercanos al área del PAHB.....	145
Figura 36. Quemadas de basura por vecinos cercanos al área del PAHB.....	146
Figura 37. Vista hacia el Oeste, donde se aprecia el ambiente contaminado.....	146
Figura 38. Calle y dren de lado oeste del PAHB.....	147
Figura 39. Estacionamiento lado Oeste del PAHB.....	147
Figura 40. Calle Norte del PAHB.....	147
Figura 41. Conjunto de baños públicos del PAHB.....	148
Figura 42. Una de las áreas del juegos y palapa del PAHB.....	148
Figura 43. Gradas y cancha de softbol.....	148
Figura 44. Cancha de Fútbol del PAHB.....	149
Figura 45. Circuito de lado Sur del PAHB.....	149
Figura 46. Gradas en campo de beisbol del PAHB.....	149
Figura 47. Estacionamiento Norte dentro del PAHB.....	150
Figura 48. Estacionamiento Oeste dentro del PAHB.....	150
Figura 49. Mezquite con espinas. <i>Prosopis juliflora var gladiosa</i> .....	161
Figura 50. Mezquite sin espinas. <i>Prosopis Chilensis</i> sin espina.....	161
Figura 51. Eucalipto. <i>Eucalyptus camaldulensis</i> .....	162
Figura 52. Palo verde o junco. <i>Parkinsonia aculeata</i> .....	162
Figura 53. Acacia. <i>Acacia cyanophylla</i> .....	163
Figura 54. Fresno. <i>Fraxinus excelsior</i> .....	163
Figura 55. Tronadora. <i>Ruellia tuberosa</i> .....	164
Figura 56. Piracanta. <i>Pyracantha coccinea</i> .....	164
Figura 57. Rosa laurel. <i>Nerium oleander</i> .....	165

Figura 58. Cepillo rojo. <i>Callistemon viminalis</i> .....	165
Figura 59. Palma. <i>Washingtonia robusta</i> .....	166

## INTRODUCCIÓN

### 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El cuidado del medio ambiente siempre ha sido un punto importante para la planeación urbana a nivel mundial, sin embargo, a pesar de que se han firmado acuerdos internacionales para su cuidado y protección, siguen existiendo graves problemas como el crecimiento desmedido de las ciudades y la contaminación, las cuales afectan de manera negativa a las personas en los ámbitos social económico y ambiental.

La contaminación atmosférica (CA<sub>t</sub>), también conocida como contaminación del aire ha cobrado un papel sumamente importante en la actualidad, ya que es considerado como un problema que va en incremento y que debido a su magnitud, ciertas zonas de ciudades, se conviertan en espacios difícilmente habitables (Corona y Rojas, 2007), y por lo cual llama la atención de expertos y activistas en la materia, tales como grupos no gubernamentales y académicos, a la búsqueda de estrategias que permitan combatir dicha problemática.

Refiriéndose al ámbito social dentro del tema de la salud; la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2014) establece que las personas más vulnerables por la contaminación ambiental son los niños, adultos mayores y personas asmáticas; dicha contaminación provoca enfermedades en las vías respiratorias altas, bajas y sistema cardiovascular, enfermedades tales como resfriados, neumonías, alergias, así como cáncer de pulmón y de vías urinarias.

Los efectos negativos que provoca la contaminación ambiental (CA<sub>m</sub>) varían según sea el contaminante (Instituto de investigaciones sociales, 2011). El Ozono (O<sub>3</sub>) puede causar irritación de los ojos y garganta; el monóxido de carbono (CO) provoca reducción de la oxigenación del organismo, angina de pecho, disminución de la visión, aprendizaje y

destreza manual; el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), produce irritación e inflamación aguda o crónica de las mucosas conjuntival y respiratoria. Por otra parte, el aumento progresivo a la exposición de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), puede producir problemas de percepción olfativa, molestias respiratorias, dolores respiratorios agudos y edema pulmonar. El plomo (Pb), daña el desarrollo del cerebro de fetos, niños y mujeres embarazadas, así como efectos negativos en el sistema nervioso, reproductivo y excretor. El material particulado (PM por sus siglas en inglés) PM10<sup>1</sup> y PM2.5<sup>2</sup> penetran en los pulmones y favorecen a las enfermedades cardiovasculares, empeora el asma, deterioro de la función respiratoria, promueve el cáncer y por ende la muerte prematura.

En México, para poder enfrentar este problema se han tomado e implementado programas con medidas y acciones para el combate y mitigación de la contaminación, tales como: Programa Hoy no circula, Programa para Mejorar la Calidad del Aire, Programa Integral de Pavimentación y Calidad del Aire, Programa de Mejoramiento del Autotransporte Público, Programa de Forestación y Preservación de Zonas Arboledas, Programa de Autorregulación y Auditorías Ambientales, diseño de programas de Verificación Vehicular. Aunado a lo anterior, es importante señalar que, en apoyo con los Estados Unidos Americanos, se han logrado acuerdos binacionales con la Agencia para la Protección del Ambiente de los Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés), y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) para el fomento de programas que involucran a los tres niveles de gobierno en la formulación de proyectos para la mitigación de la CAM (Corona y Rojas, 2007). Tomando esta iniciativa binacional se puede mencionar que la contaminación del aire no conoce fronteras, y las afectaciones al ambiente se convierten y consideran en un problema de interés global.

En Baja California, se han identificado ciudades con los índices de contaminación y deterioro en su medio ambiente como los más elevados a nivel nacional, siendo estas Tijuana y Mexicali, llamando principalmente la atención en lo que respecta a la calidad del aire (Meza y Quintero, 2012). Sin embargo, aún hay un largo camino por mejorar estas condiciones, ya que se han hecho esfuerzos por prevenir y controlar la CAM desde 1983 con el Acuerdo de La Paz para proteger y mejorar la calidad del ambiente en la zona

---

<sup>1</sup> PM10 denota el material particulado menor a 10 micrómetros.

<sup>2</sup> PM2.5 denota el material particulado menor a 2.5 micrómetros.

fronteriza, el grupo Binacional de Calidad del Aire en el 1996, con el programa Frontera XXI con el cual se instaló la primera red de monitoreo en cooperación y recursos de la EPA (Meza y Quintero, 2012).

En la Ciudad de Mexicali, se observa que, en el Plan de Desarrollo Urbano de Centro de Población del Municipio de Mexicali (Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana, 2007) señala que los problemas de contaminación generados en esta ciudad son a causa de las actividades urbanas e industriales que dañan al suelo, agua y aire. Además, lo anterior se une a problemas como la erosión del suelo por terrenos agrícolas abandonados (en bordes y zona urbana), y los grandes baldíos (zona urbana); existencia de basureros clandestinos se agudizan en las colonias en periferias (Colonia Venustiano Carranza, Villas del Palmar, Fronteriza, Cachanilla, Fraccionamiento Popular Centinela, Santa Isabel, Satélite, Fraccionamiento Xochimilco y Flores Magón) y el problema de desmanteladoras clandestinas que provocan contaminación del suelo y fauna nociva (Colonia Venustiano Carranza, Villas del Palmar, Fronteriza, Cachanilla, Fraccionamiento Popular Centinela, Santa Isabel, Satélite, Fraccionamiento Xochimilco y Flores Magón).

Sumado al rápido desarrollo que existió en la ciudad de Mexicali al denominarse ciudad industrial y su crecimiento (económico y social), la calidad del aire se deterioró a gran velocidad y se observó que tanto las normas norteamericanas como mexicanas no eran cumplidas en el contaminante PM10. En 1987 la EPA denominó al Valle Imperial como una zona que no cumplía con los estándares de calidad y por el cual desarrollaron un Plan de Implementación Estatal el cual tenía una serie de medidas para el control de emisiones de contaminantes, como el monitoreo de contaminantes, inventario de emisiones, identificación de fuentes contaminantes, reforestación, mejora en la calidad de combustibles, investigación científica y tecnológica de medidas de control, entre otras más (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Pesca [SEMARNAP], 1999). Cabe mencionar que en Mexicali el monitoreo del aire ha registrado distintos contaminantes, tales como PM10 y PM2.5, O<sub>3</sub>, CO, SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> (Corona y Rojas, 2007).

Por su parte el Programa para la mejora de la calidad del aire de la ciudad de Mexicali, Baja California (PROAIRE) del 2011-2020 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2011) menciona que los contaminantes son emitidos en gran parte por:

automóviles, generación de energía, rellenos sanitarios que se encuentran a cielo abierto, la circulación de automóviles en vialidades pavimentadas y no pavimentadas, incendios, tormentas de polvo, industrias de alimentos, manufactura industrial y quemas agrícolas.

Por su parte, el PROAIRE 2000-2005, menciona que las fuentes de emisiones de PM son principalmente el sector de industria (3%), fuentes aéreas (23%), transporte (68%) y usos de suelo y vegetación (6%); en esta última se indica que las emisiones que se registran dependen de varios factores, tales como el tipo de suelo, la precipitación pluvial, velocidad de viento y la cobertura vegetal. En este inventario se desarrollaron las primeras estimaciones de emisiones por erosión de suelo, lo cual ayudó a definir programas de reforestación en la ciudad.

Aunado a lo anterior, el PROAIRE 2011-2020 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2011) hace mención que en la época de inviernos y sin lluvia la ciudad de Mexicali se posiciona como una de las ciudades más contaminadas por PM10 en la frontera de México-Estados Unidos Americanos y es considerada como la tercer más contaminada a nivel nacional. Se concluye con una situación de carácter de alerta y por lo cual es necesario tomar medidas que mejoren la calidad de aire en la ciudad en periodo corto de tiempo.

La SEMARNAP (1999), identificó que en Mexicali la contaminación por PM10 es por la falta de cobertura vegetal, ya que la ciudad está rodeada de zonas agrícolas que se encuentran fuera de uso y se han convertido en baldíos dentro de la mancha urbana. Además, la ciudad cuenta con un 28% de las calles sin pavimentación; y por ende el Plan de Desarrollo Urbano de Centro de Población 2025 (PDUCP 2025), (Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana, 2007) observa que es de carácter urgente el llevar a cabo programas de pavimentación de las calles en la ciudad para ayudar a la disminución de la CAI.

Derivado del rápido crecimiento en Mexicali y su tipo de planeación tradicional, es necesario que se implementen mejores espacios con áreas verdes; tal forma que, estas ayuden a mitigar la contaminación por partículas generadas en la ciudad. Las áreas verdes pueden convertirse en un eslabón fundamental en el mejoramiento de la calidad del aire y la

erosión del suelo. La Comisión Económica para la América Latina (CEPAL) (1991), reconoce el efecto de filtrado de PM en la atmosfera por plantas. Aunado a esto, diversos autores hacen mención que los follajes de las plantas pueden cumplir la importante labor como receptor de material particulado suspendido en la atmósfera, aunque este efecto solo es observado de manera cualitativa y no se toma en cuenta dentro del diseño urbano (Escobedo y Nowak, 2008; Yin, Shen, Zhou, Zou, Che y Wang, 2011; Wania, Bruce, Blond y Weber, 2012; Dalmaso, Candía y Lleras, 2014).

Es importante resaltar que, las plantas debido a sus propiedades naturales y físicas juegan un papel muy importante en el combate de la CAAt, aunque por lo general estas son más manejadas por sus funciones estéticas (fragancia, color y forma). No obstante, en Mexicali los espacios para la dotación de plantas, tales como el equipamiento de áreas verdes (camellones, jardines y parques entre otros), se encuentran deteriorados y en el abandono por diferentes razones, entre ellas el diseño y la planeación dentro de la ciudad; dificultándose la adecuada selección de plantas para esta región, el cuidado, mantenimiento, funcionamiento de las mismas. Cabe señalar que de acuerdo a Soto (2011) la utilización de plantas introducidas dentro del diseño de las áreas verdes de la localidad puede provocar desplazamientos de plantas nativas, considerándose como una práctica de poco valor ecológico y como una práctica no sustentable.

Algunas de las acciones que se han implementado para combatir la CAAt en Mexicali, propuestas en PROAIRE 2011-2020, son el programa para crear barreras físicas, que ayuden a reducir la exposición personal a las PM10 y PM2.5, además se espera que este programa de rescate de áreas erosionadas y paisajes obtenga un aumento en el número de áreas con cubierta vegetal para la ejecución de actividades de recreación y deporte en la población (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2011).

Cabe señalar que el Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana de la ciudad de Mexicali, a través del Plan de desarrollo urbano de centros de población 2025 (2007) consideraba para la ciudad de Mexicali 138.99 hectáreas de áreas verdes formadas por equipamiento del estado, ayuntamiento y patronato, representa un 2.1 % de metros cuadrados por habitante, dejando un déficit de 131.35 hectáreas si se aplica la norma

establecida por la SEDESOL de 1999 de un mínimo de 4 metros cuadrados por habitante Peña, Rojas, Arias e Íñiguez (2015).

Para el año 2015 el Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana de la ciudad de Mexicali (IMIP, 2015) todavía indica la escasez de áreas verdes en Mexicali resaltando que ésta cuenta con 1.23 metros cuadrados por habitante de áreas verdes, y que existe un total de 323 parques, con lo que denota estar aún por debajo de la norma establecida por la Secretaría de Desarrollo Social [SEDESOL] (1999). Por su parte, Peña et al. (2014) menciona que la OMS indica que el ideal requerido de áreas verdes en una ciudad debe ser de 9 m<sup>2</sup>/hab para lograr la sustentabilidad ambiental de dicha localidad.

Unido a lo anterior, el PDUCP 2025 del IMIP (2007) e IMIP (2015) en su estudio de la ciudad, también indican que las áreas verdes de la ciudad presentan un déficit principalmente en los elementos como Parque Urbano, Parque de Barrio, Jardín Vecinal, Plaza Cívica, Juegos Infantiles y Espectáculos Deportivos, a pesar de que el Instituto Municipal del Deporte y la Cultura Física en la ciudad de Mexicali (IMDECUF) cuenta con 19 espacios para Juegos Infantiles dentro de las instalaciones de unidades deportivas y de los Centros de Desarrollo Humano Integral (CDHI).

En Mexicali se observa una distribución desigual de las áreas verdes, al ser estas de distintos tipos. En el trabajo de Peña, Rojas, Arias e Íñiguez (2015, p.78) resaltó una discrepancia en el total de parques que menciona el IMIP con una reducción a 309 parques, de los cuales 141 parques se encuentran en buenas condiciones, 87 están catalogados en un estado regular y 81 se encuentran en mal estado. Además, señalan que estas áreas tienen una problemática con su gestión, diseño y mantenimiento, ya que el municipio no cuenta con los recursos necesarios para su cuidado y conservación; y la falta de coordinación para su correcto funcionamiento.

Dentro del tema de mantenimiento de las áreas verdes, para este trabajo considerados como parques, de acuerdo a Peña et. al (2015), de los 309 inventariados y analizados en Mexicali, 222 están a cargo del municipio, y de estos 69 cuentan con servicio de jardinería, y 169 carecen de estas. Dichas cifras equivalen al 76% y que de los 87 que se encuentran en un estado regular son atendidos por los comités de vecinos o fraccionadoras;

esto nos indica que hay una falta de interés por el mobiliario urbano, cobertura vegetal y su mantenimiento.

Cabe destacar que la Guía de Forestación para el Municipio de Mexicali (2006), impulsado por el XVII ayuntamiento de Mexicali indica que las principales áreas verdes de Mexicali son: el Bosque de la ciudad, el parque Vicente Guerrero, parque Cri-Cri, Parque villa aventura, parque Niños Héroes y Parque Hidalgo; así como unidades deportivas al aire libre como: Campos deportivos de la Universidad Autónoma de Baja California, parque Juventud 2000, la Ciudad Deportiva, el Campo de Gol del Club Campestre, plantación de eucaliptos de FAPSA y el centro de desarrollo urbano El Centenario; y debe de considerarse en esta lista al Polideportivo “Augusto Hernández Bermúdez”.

Peña, et. al. (2015, p. 69) indica que las colonias de mayor y medio ingreso económico, son | que tienen mayor porcentaje de parques en buen estado; caso contrario con aquellas colonias de bajo ingreso. Aunado a lo anterior, el autor menciona que el municipio de Mexicali no cuenta con el suficiente recurso para los cuidados necesarios de las áreas verdes al que se agrega las condiciones climáticas de la ciudad, así como también a la inexistencia organización por parte de los vecinos que apoyen con mantenimiento o cuidados de estas áreas, resaltando que en un corto periodo de tiempo las áreas verdes pueden verse dañadas.

En Mexicali el proceso de gestión de las áreas verdes está disperso en seis ordenamientos de competencia que van desde los en niveles municipales hasta estatales, lo cual trae consigo beneficios, pero a su vez perjuicios tales como: falta de mantenimiento o creación de nuevos parques. Así mismo, dentro de las dependencias del ayuntamiento de Mexicali relacionado con las áreas verdes, tales como el Departamento de Áreas Verdes (para el mantenimiento) y el IMIP (para la creación de estudios de planificación urbana); no existe un enlace que monitoree, controle y evalúe de las áreas verdes de la ciudad (Peña et. al., 2015), que permita de tal modo una coordinación y gestión integral de estos espacios, y no de forma parcial como se ha ido presentando hasta este momento. Soto (2011) menciona que a pesar del valor ambiental que tienen las áreas vedes estos son cada vez más pequeños.

A pesar de que Mexicali cuenta con un déficit en las áreas verdes, Arias (2016) resalta que la visión actual de las autoridades en relación a las áreas verdes sigue siendo desde un enfoque social y económico, y no desde una perspectiva integral. El autor también menciona que estos espacios deben considerarse como un elemento que proporciona funciones ecológicas y ambientales dentro de la planeación de la ciudad y no como un elemento exclusivo para la recreación y el deporte, lo cual no permite el logro de una ciudad sustentable. Por su parte, Liu y Shen (2014) mencionan que estas áreas deben considerarse como una herramienta de planeación para el combate de impactos ambientales derivados de la contaminación del aire; asimismo considerar el tipo de plantas que existen en la región, su cantidad, diversidad, altura y orientación para la mejora de estos espacios (Zupanic, Westmacott y Bulthuis, 2015).

Cabe mencionar que, para fines de esta investigación, solo se observaron las áreas verdes de espacios recreativos deportivos y las plantas que existen en los mismo, como estrategia de mitigación de la contaminación del aire, ya que se considera que la utilización y dotación adecuada de las plantas en estos espacios ayudará a la mejora de las zonas aledañas a estos espacios en función de la calidad del aire y brindará beneficios sociales, económicos y ambientales en la ciudad con miras a la sustentabilidad.

### **1.1 Justificación.**

El interés de esta investigación se sustenta en la utilización de plantas en las denominadas áreas verdes recreativas y deportivas como una estrategia de mitigación de los efectos negativos causados por la CA derivada por material particulado en la ciudad de Mexicali, Baja California. Ya que, a pesar de los grandes esfuerzos brindados por las organizaciones y gobiernos internacionales, la CA es un problema para la sociedad a nivel mundial en el tema de la salud y principalmente en lo que respecta al deterioro del medio ambiente. Cabe mencionar que las investigaciones relacionadas con la CA están dirigidas a inventarios y la realización de programas para la mejora de la calidad del aire; sin embargo, estos inventarios y programas no han abordado la utilización de plantas como una herramienta para la reducción y absorción de los contaminantes derivados por MP. Limitándose únicamente a la plantación de árboles sin ninguna estrategia enfocada a la

reducción de contaminantes y sin conocer el potencial y características que estas pueden tener.

Por lo tanto, esta investigación busca conocer las plantas idóneas que fomenten los beneficios ambientales en la ciudad, así como fomentar la implementación de estas plantas de modo tal que reactive el interés de mejoramiento y rehabilitación de las áreas verdes recreativas y deportivas existentes. Aunado a lo anterior, es de suma importancia señalar e identificar aquellas plantas que permitan la disminución de contaminantes nocivos y fijación de partículas suspendidas en el aire través de las hojas, corteza y raíces. Cabe mencionar que, aunado a lo anterior, las plantas también cumplen con beneficios sociales y económicos. Así mismo, brindan una sensación de bienestar en las personas, además de fortalecer el sentido de pertenencia, identidad y patrimonio en las personas.

Se pretende que los resultados de esta investigación sean utilizados tanto por investigadores como por el público en general, interesados en las plantas como medio de mitigación para la CA<sub>t</sub> por material particulado. También, se buscará que las plantas sean funcionales en distintas áreas verdes recreativas y deportivas de la ciudad de Mexicali; y que la metodología aquí utilizada sea útil para otras ciudades. Es importante resaltar que, con el mejoramiento en el proceso de planeación de las áreas verdes recreativas y deportivas y, se estará haciendo una contribución relevante hacia la transición de un Mexicali con miras hacia el desarrollo sustentable.

Esta investigación busca obtener conocimiento sobre las plantas y sus propiedades, de modo tal que favorezca al ámbito ambiental en la ciudad de Mexicali, y se plantearon las siguientes preguntas y objetivos de investigación:

¿Cuáles son las plantas idóneas para la mitigación de la CA<sub>t</sub> por material particulado en el Polideportivo Augusto Hernández Bermúdez (PAHB) de la ciudad de Mexicali, Baja California?

- a) ¿Cuáles son las plantas de zonas áridas que contribuyen a la mitigación de la CA<sub>t</sub> por material particulado?
- b) ¿Cuáles son las plantas idóneas para la ciudad de Mexicali que permitan la mayor fijación de material particulado para la mitigación de la CA<sub>t</sub>?

- c) ¿Qué plantas, usos y funciones existen en los espacios recreativos y deportivos del PAHB?
- d) ¿Cuáles son las plantas idóneas para la mitigación de la CAAt por partículas para el PAHB?

Determinar las plantas idóneas para la mitigación de la CAAt por material particulado en el Polideportivo Augusto Hernández Bermúdez (PAHB) de la ciudad de Mexicali, B.C.

- a) Identificar las plantas de zonas áridas que contribuyen a la mitigación de la CAAt por material particulado.
- b) Identificar las plantas idóneas para la ciudad de Mexicali que permitan la mayor fijación de material particulado para la mitigación de la CAAt.
- c) Identificar las especies vegetales, usos y funciones existentes en los espacios recreativos y deportivos en el PAHB.
- d) Proponer las plantas idóneas para la mitigación de la CAAt por material particulado para el PAHB.

El estudio de las plantas de la ciudad de Mexicali, es de suma importancia, ya que como lo mencionan Nowak, Crane, Stevens, Hoehn, Walton y Bond (2008), éstas ofrecen numerosos beneficios para la mejora del medio ambiente y de la salud de los seres humanos en las áreas urbanas, como es el caso del PAHB. Así mismo, Yin, Shen, Zhou, Zou, Che y Wang (2011) señalan que las áreas verdes públicas como los parques tienen un rol sumamente importante por proveer servicios sociales y ecosistémicos, que permiten que las personas disfruten de la naturaleza y puedan incluir actividades físicas en su vida diaria.

La contaminación del aire forma parte de uno de los problemas ambientales que enfrenta en la actualidad la ciudad de Mexicali, puede provocar problemas severos donde afectan a los habitantes provocando enfermedades crónicas y muchos otros tipos de enfermedades respiratorias, sin embargo, como lo mencionan Yin et. al (2011) las plantas como árboles y arbustos pueden ayudar a disminuir los contaminantes en el aire, razón por lo que la vegetación se ha vuelto un elemento de interés en las nuevas investigaciones.

## **2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.**

En este apartado se abordarán los principales conceptos y perspectivas que ayudarán en la comprensión del problema. Algunos de los conceptos mencionados son: sustentabilidad, planeación urbana, mitigación, sustentabilidad ambiental, contaminación ambiental (CAm), contaminación atmosférica (CAt), material particulado (PM), planeación urbana, mitigación y estrategias, vegetación, vegetación urbana, vegetación en zonas áridas, aéreas verdes y beneficios de la vegetación.

### **2.1 Desarrollo sustentable y sustentabilidad.**

El Desarrollo sustentable a través del tiempo ha tenido distintas definiciones; en las que también es llamado como desarrollo sostenible, pues sus términos son utilizados de manera indistinta (Macías et al. 2006), aunque la definición más utilizada es la que se dio en el Informe de Brundtland (Organización de las naciones unidas, 1987) que se enfoca en un desarrollo durable o sostenible que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad para las generaciones futuras.

Dentro del informe de Brudtland se señala que la humanidad debe de cambiar su forma de vivir y como esta interactúa con el consumo de los recursos, para evitar el sufrimiento de las personas y la degradación del medio ambiente, a través de los mismos seres humanos y bajo un desarrollo con enfoque sustentable que permita la satisfacción de las personas y sus siguientes generaciones. Con las bases en el desarrollo sustentable, se

toman distintos elementos, entre ellos los elementos naturales, humanos, sociales, económicos y tecnológicos; todos con un fin de alcanzar un nivel mejor para la vida (Días y Escárcega, 2009; Velásquez y Geovanny, 2016).

El desarrollo sustentable lo podemos ver en tres dimensiones, las cuales se entienden de la siguiente manera (Priego, 2003): la dimensión económica, se centra en mantener el desarrollo económico en el ser humano, y toma en consideración su bienestar, con respeto hacia los recursos naturales. La dimensión social, indica que los seres humanos son los beneficiados y víctimas de los procesos del desarrollo y sus objetivos están orientados a mantener unida la estabilidad de la sociedad y la cultura dentro de los sistemas humanos. La dimensión ambiental, se enfoca en el mantenimiento y estabilidad dinámica del ecosistema a un nivel global, que busca mantener enteros los ecosistemas en una postura de flexibilidad, resiliencia y adaptación ante cambios en el medio ambiente propiciados por la contaminación, la destrucción de los recursos naturales, la pérdida de biodiversidad, entre otros problemas; garantizándose la entereza de los ecosistemas. Aunado a lo anterior, es pertinente mencionar a Jiménez (2000), quien señala que sus principios básicos provienen de conservar la riqueza natural, su reproducción y depuración del medio ambiente, soportando al mismo tiempo las actividades humanas y la satisfacción de sus necesidades sin sobre pasar la carga de los ecosistemas.

Es importante resaltar que en la conferencia de Estocolmo de 1972 se empieza a someter a las agendas mundiales el término de sustentabilidad. Esto como resultado de la preocupación por el medio ambiente, la búsqueda de una mejor calidad de vida, mejor empleo, y la búsqueda de una forma de evitar el agotamiento de los recursos no renovables, entre otros temas. Dividiéndose en diferentes perspectivas como la sustentabilidad económica, sustentabilidad social y sustentabilidad ambiental (Calvente, 2007 y De León, 2001).

Duran (2010), indica que la sustentabilidad se funda en el conocimiento de los límites y potencial de la naturaleza, del conocimiento y comprensión a nivel global al enfrentar desafíos que se le presentan a la humanidad; ya que la sustentabilidad promueve una nueva cultura y un lazo con la naturaleza que se une a la economía; en una nueva política con creencias, valores, sentimientos y conocimiento. Cabe señalar que la

Organización de las Naciones Unidas (ONU), el Banco Mundial y la Unión Europea y los países del grupo de los siete (Alemania, Canadá, Estados Unidos, Francia, Italia, Japón y Reino Unido) reclaman que sea tomado el desarrollo sustentable de forma mundial para el cuidado del planeta en los diferentes niveles (global, nacional y regional) (De León, 2001). Diferentes autores, tales como De León (2001), Gudynas (2011) y Gutiérrez (2014) mencionan que, el desarrollo sustentable busca ser un tipo de desarrollo respetuoso y armonioso con los procesos naturales y que esté a su vez elevar el nivel de vida de las personas, de tal forma que se mejore la calidad del planeta sin descuidarlo para las futuras generaciones

### **2.1.1 Sustentabilidad Ambiental.**

Este enfoque ambiental está basado en la estabilidad de los sistemas físicos y biológicos para la estabilidad del sistema global. Se debe de mantener un capital constante, enfocado en una mejor utilización de recursos renovables para esta generación y generaciones futuras, en la búsqueda de alternativas económicas que permitan la sustitución gradual, el cuidado de la capacidad de carga de la naturaleza y poner en consideración los residuos que resultan de las actividades humanas, el cuidado de la capacidad de asimilación ecológica, es decir, que no exista un impacto ambiental remanente; la protección de las especies de los ecosistemas y el cuidado la biodiversidad que hay en la naturaleza, en el que debe de tomarse en cuenta los ciclos de la vida natural de los materiales (De León, 2001).

En 1996 la unión europea publicó “Hacia un Desarrollo Sostenible”, este documento presta atención al estado del medio ambiente como parte de una estrategia que permita llegar a un desarrollo sustentable. Cabe señalar que este documento afirma que la estrategia para el futuro no se puede establecer si no se analiza el estado actual del medio ambiente en el que se encuentra: contaminación de la atmosfera y agua, degradación del suelo, ambiente urbano, gestión de residuos generados, recursos energéticos renovables y la conservación de la naturaleza (De León, 2001). Ante la preocupación de cómo se desarrollan los países, la ONU funciona como integrador de planes y objetivos en el tema de la sustentabilidad y el desarrollo sustentable, como son la Agenda 21, los Objetivos Del Milenio y la Agenda 2030, las cuales se mencionan a continuación:

- a) Agenda 21, es un plan de acción que abarca todos los aspectos del desarrollo sustentable, con el fin de abordar el problema del medio ambiente y el desarrollo; y en el que busca establecer una nueva asociación mundial, comprometidos a un dialogo continuo constructivo y lograr una economía más justa y eficiente; fortalecer las políticas nacionales e internacionales y la cooperación multinacional para la adaptación de los nuevos problemas que se presenten a nivel mundial. Algunos puntos importantes relacionados con el tema del cuidado del medio ambiente marcado en esta agenda son: la Protección a la atmosfera, lucha contra la deforestación, ordenación de los ecosistemas y cuidar la desertificación y sequía, conservación de la biodiversidad, gestión ecológicamente racional de desecho peligrosos, e integración del medio ambiente y el desarrollo en la toma de decisiones (Organización de las Naciones Unidas, 1992).
- b) Objetivos del Milenio, es el compromiso que asumieron los líderes del mundo en el año 2000 para la lucha en contra de las condiciones deshumanizadoras hacia hombres, mujeres y niños. Se Marcó por ocho objetivos y pasos prácticos para la mejora de la calidad de vida de las personas y mejor perspectiva para el futuro. El objetivo número siete remarca su interés en el cuidado del medio ambiente; menciona que se debe de garantizar la sostenibilidad del medio ambiente (Organización de las Naciones Unidas, 2015).
- c) Agenda 2030, es un plan de acción para favorecer a las personas, el planeta y llegar a la prosperidad. Su objetivo general es fortalecer la paz mundial en el concepto amplio de libertad y la erradicación de la pobreza, implementado en todos los países interesados en una alianza en la lucha contra la pobreza y privaciones a favor de sanar y proteger al planeta Tierra. Sus objetivos de acción con un plazo de 15años y se encuentran distintos objetivos como, garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades; sugiere adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos; proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar los bosques de forma sostenible, luchar contra la desertificación,

detener y la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica (Organización de las Naciones Unidas, 2015).

### **2.1.2 Contaminación ambiental (CAm).**

Autores estudiosos del tema (Bergin et al., 2005; Ramírez, Rojas y García, 2009; Meza y Quintero, 2012) mencionan que la contaminación ambiental (CAm) ha acompañado al hombre desde inicio de era, ya que se encuentra fuertemente ligada con sus actividades de vida. Sin embargo, en años recientes se le ha prestado más atención al tema, puesto que la contaminación ha ido en incremento a nivel global, existiendo pruebas y evidencias de los efectos negativos en el ser humano, los cuales recaen en la salud de las personas.

Por otro parte, en 2008, Echeverri define a la Contaminación Atmosférica (CAAt) como la presencia de sustancias no deseables en concentraciones, tiempo y circunstancias en la atmosfera que pueden afectar significativamente el confort, la salud y el bienestar de las de las personas. Por su parte Albert (2004, p.37) define al Cam como:

La introducción de presencia de sustancias, organismos o formas de energía en ambiente o sustratos a los que no pertenecen o en cantidades superiores a las propias de dichos sustratos, por un tiempo suficiente, y bajo condiciones tales, que esas sustancias interfieren con la salud y la comodidad de las personas, dañan los recursos naturales o alteran el equilibrio ecológico de la zona.

Las fuentes de la CAm pueden ser clasificadas en dos tipos: naturales y antropogénicas. Las naturales están relacionadas con la composición del suelo, agua, alimentos, emanaciones volcánicas, representando un nivel bajo de problemas de salud. Las fuentes antropogénicas (o actividades del hombre) son las que causan más problemas de salud, pues estos generan contaminantes muy variados, tales como industriales, mineras, agropecuarias, artesanales o domesticas (Albert, 2004). Estas actividades producen cambios importantes a nivel local y global, por lo cual es importante conocer el daño que éstas pueden llegar a ocasionar en los seres humanos y al medio ambiente (González, Zevallos, Gonzales-Castañeda, Núñez, Gastañaga, Cabezas, y Steenland, 2014).

Por consiguiente, los acuerdos internacionales se preocupan por el medio ambiente y por el derecho a un ambiente sano para todas las personas en el mundo; un ejemplo de ellos es el protocolo de Kyoto, considerado como un primer paso de carácter mundial que compromete a 37 países industrializados y la Unión Europea a estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero. Este protocolo ha incitado a que los países establezcan leyes y políticas para cumplir con los compromisos firmados y a las empresas a que empiecen a tomar en cuenta al medio ambiente cuando toman decisiones; además este protocolo busca el crecimiento del mercado de carbono (Organización de las Naciones Unidas, 2014).

Aunado a lo anterior, las enfermedades que pueden estar asociadas con la contaminación van en aumento en los últimos años, principalmente en los países en vías de desarrollo, las cuales generan graves problemas a la salud como enfermedades crónicas, cáncer y la muerte (González et al., 2014).

#### **a) Contaminantes Atmosféricos.**

Los contaminantes de la atmosfera se pueden clasificar en dos tipos: primarios y secundarios. Los primarios son contaminantes emitidos directamente a la atmosfera; los secundarios son aquellas partículas que se forman a partir de reacciones químicas y son más complejos (Bergin et al., 2005). Los contaminantes de la atmosfera secundarios son varios, entre ellos se encuentra el ozono (O<sub>3</sub>), monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), plomo (Pb), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), partículas suspendidas totales (PST) y partículas suspendidas de material particulado (PM por sus siglas en inglés) menores a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>) y menores a 2.5 micrómetros (PM<sub>2.5</sub>) (Instituto Nacional de Ecología, 2010).

#### **b) Material Particulado.**

El material particulado (PM) conocido también como aeropartículas o aerosoles son identificados como partículas suspendidas totales, y es la mezcla compleja de compuestos microscópicos de tamaño muy pequeño. Estos pueden ser en forma líquida y sólida en el aire (Meza y Quintero, 2012).

Las partículas finas son emitidas de forma directa a la atmósfera por los procesos de combustión, las partículas gruesas provienen de materiales de la corteza terrestre, tales como polvo que es arrastrado por el viento, sal marina, polen, detritus, polvo de las actividades agrícolas, carreteras y calles sin pavimentar e industrias. Pueden ser en forma de líquidos y sólidos y formar mezclas complejas que pueden variar en tamaño desde los 0.005 hasta 100 micrómetros aerodinámicos. Los parámetros que las determinan son: tamaño, composición, fuentes de emisión y efectos de la salud y grupos vulnerables. Estos parámetros establecen su comportamiento, permanencia en la atmosfera, efectos en el medio ambiente y la salud de las personas. También, se consideran como parte de los indicadores que funcionan para medir la calidad del aire limpio (Rojas y Garibay, 2003; Bergin et al., 2005; Meza y Quintero, 2010). A continuación, la descripción de estos parámetros:

**Tamaño:** Se considera como uno de los parámetros más importantes, ya que las partículas más finas tienen periodos de vida media en la atmosfera de días a semanas, y pueden viajar distancias de más de 100 km, con la tendencia de que son homogéneas en zonas urbanas, y sufren transformaciones que ocurren generalmente durante periodos pasivos en la atmosfera o durante el transporte a largas distancias. Las partículas gruesas generalmente se depositan de una manera más rápida y tienen una vida media en la atmosfera de minutos u horas y presentan mayor variabilidad espacial dentro de una región (Rojas y Garibay, 2003). De acuerdo a lo que señala Mesa y Quintero (2012), los tamaños se clasifican como PM10 (menores a 10 micrómetros), PM2.5 (menores a 2.5 micrómetros), y PM1.0 también conocidas como ultra finas (menores a 1 micrómetro).

**Composición:** Derivada de metales, compuestos orgánicos, material biológico, iones, gases reactivos y la estructura de la misma partícula, normalmente formada por carbón elemental. Las partículas finas y ultra finas están formadas por una estructura básica de carbono y diversos metales, hidrocarburos y partículas secundarias formadas a partir de vapores a altas temperaturas de las partículas ya existentes o de reacciones químicas en la atmosfera de óxidos de nitrógeno, dióxido, vapores y otras moléculas reactivas; se componen principalmente de sulfato y nitrato de amonio y otros compuestos orgánicos (Rojas y Garibay, 2003). Señalan

Spengler y Wilson (1996) que las partículas gruesas pueden estar formadas por minerales, calcio, potasio, sodio, sílice, manganeso y azufre, material biológico (polen y esporas vegetales); y tanto en partículas gruesas como en finas se pueden encontrar especies viables (virus y bacterias).

**Fuentes de Emisión:** Con base en lo que señala Rojas y Garibay (2003), algunos ejemplos, podrían ser las emisiones de vehículos, plantas de generación eléctrica, procesos fotoquímicos o mecánicos, el movimiento que generan las personas al realizar sus actividades y la misma naturaleza. Por su parte, la mayoría de las fuentes antropogénicas de las partículas finas y ultra finas en el aire exterior involucran procesos de metalurgia y combustión. Así como las partículas derivadas en ambientes urbanos tales como automóviles, autobuses, barcos, camiones, equipo de construcción, hornos, plantas generadoras de energías e industria.

**Efectos de la salud y grupos vulnerables:** Son las partículas finas las que causan degradación de la visibilidad y alteración del clima (Bergin et al., 2005, siendo los más afectados por este contaminante las personas en su salud; así como el suelo, las plantas, agua y materiales, cuando se depositan en ellos. En este sentido es importante señalar que se han elaborado diferentes tipos de estudios de salud relacionados con estos agentes, tales como: 1) toxicológicos, aquellos que pueden servir para determinar efectos de exposiciones agudas y determinar efectos causados por exposiciones crónicas al agente; 2) epidemiológicos, enfocados en padecimientos y causas de muerte, evaluándose las relaciones entre eventos que pudieron desencadenarlos, así como con estudios de series de tiempo (Molina y Molina, 2002; Rojas y Garibay, 2003).

Cabe señalar que las partículas más pequeñas pueden penetrar profundamente a los pulmones y son las que más impacto tienen en la salud, su exposición provoca enfermedades pulmonares, como cáncer de pulmón; enfermedades crónicas y cardiovasculares, cerebro-vasculares. Mientras que las partículas más grandes se sedimentan rápidamente, reducen su gama de impacto e impactan de menor manera a la visibilidad (Bergin et al., 2005). No obstante, la población vulnerable al PM está constituido por personas con enfermedades respiratorias agudas y crónicas, cardiopatías y

enfermedades cardiovasculares, donde los más afectados son los adultos mayores, niños y niñas (Rojas y Garibay, 2003; Rosales-Castillo et al., 2001).

## **2.2 Planeación urbana.**

Es la planeación urbana aquella que busca mejorar la vida de las personas con la formación de ciudades equitativas, saludables y eficientes para las generaciones actuales y futuras. La planeación puede entenderse como una expresión del ser humano para formar su futuro a partir de la ciencia, con coordinación sistemática y técnicas de anticipación (Morales, 1977, Rodríguez, 2011 e Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales, 2018).

Iracheta (1997) nos presenta el concepto de planeación urbana como “El proceso de configuración socio-espacial, que surge de la relación compleja entre la sociedad y la naturaleza y las diversas formas y mecanismos de intervención para su transformación” (p.157). Así mismo, percibe a la ciudad como un proceso, construcción permanente que puede ser medida y correlacionarla con diferentes acciones en diferentes momentos. Donde el proceso de configuración se vislumbra derivada de la idea de creación y expansión de la ciudad. Aunado a lo anterior, el proceso socio-espacial tiene un peso primordialmente ante el enfoque social, ya que las estructuras económicas y las características de cada grupo son las que determinan las formas de dicha ciudad.

Por su parte, Riddell (2004) señala a la planeación con una definición compuesta, por un “avance democrático de la condición humana en general; presciencia de conexión pública (ajuste de objetivos); y la participación consciente antes de que se tomen medidas para lograr mejorar el cambio” (p.12). Donde aunado a lo anterior, señala que la planeación se enfoca en un marco más amplio para la comprensión. Vinculándose a la planeación con, el conocimiento y la acción, procurando un ambiente más humano y natural. Centrado en el futuro, tomando en cuenta las estaciones del año, los patrones de vida, tratando un equilibrio social-económico-ambiental. Y que, además involucra la participación ciudadana en la toma de decisiones, con un enfoque que funcione ante la diversidad y la variedad de resultados.

El propósito de la planeación, es en sí, la protección de las personas, su salud y su bienestar para el futuro; debe ser analizada y preparada para las nuevas tendencias y

cambios demográficos; mantener el medio ambiente, la economía y la equidad de las personas. Debe de planease para un lugar (de forma espacial y física) y para las personas (cultural, político y social). A sí mismo, debe de responder al cambio (procesos de industrialización, densificación poblacional, expansión de actividades, compatibilidad de las infraestructuras y servicios). Ciertamente, la planeación gestiona la complejidad de los asentamientos humanos a través de la infraestructura, los sistemas y los modelos que se dan para el desarrollo, ya que la planeación cambia y evoluciona, responde a los desafíos de nuestro tiempo y evoluciona con sus propios desafíos de cada generación (Ornés, 2009).

### **2.2.1 Mitigación y estrategias de mitigación.**

La mitigación se encuentra ligada a las comunidades vulnerables y a la prevención de desastres donde los expertos y las organizaciones gubernamentales e internacionales ven a la mitigación como una parte de seis fases: Prevención, mitigación, emergencia, rehabilitación, recuperación y reconstrucción (Lavell, 1997). Busca la reducción de fuentes contaminantes o mejorar sumideros de gases de efecto invernadero. Así mismo, dentro de la reducción de fuentes se sitúa la intervención humana, por ejemplo, en la reducción de material particulado o en la realización de medidas que controlen las emisiones de carbono (Bojana, Richards, Alwood, Smith, Dennis, Curnmi y Gillinan, 2014).

La Agencia Federal del Manejo de Emergencias<sup>3</sup> (FEMA, por sus siglas) define a la mitigación como “...el esfuerzo por reducir la pérdida de la vida y propiedad reduciendo el impacto por desastres.” (FEMA, 2015). Por lo tanto, la mitigación se logra tomando acción ahora, de tal manera que se disminuya el riesgo por daños a desastres, reconstrucción o daños repetidos, procurando que estos sean de éxito. para lograr esto es importante que la sociedad esté informada y se tomen las medidas necesarias.

Para entender el significado de estrategias de mitigación, se puede mencionar a Guth (1969), Koontz y Weihrich (1998) y, Schendell y Hatten (1972) quienes señalan que se pueden considerar como un conjunto de objetivos, propósitos, metas, en donde las políticas, programas y planes de desarrollo las consideran como líneas de acción para alcanzar objetivos específicos planteados en los mismos. Aunado a lo anterior, Schendel y

---

<sup>3</sup> Federal Emergency Management Agency, Agencia de los Estados Unidos dedicada a preparación, prevención, respuesta y recuperación relacionadas con los desastres.

Hofer (1978) resaltan que las estrategias de mitigación funcionan como un modelo fundamental para el desarrollo de los recursos que están en el presente y que estarán en el futuro. Por su parte, Villanueva (2015), menciona que las estrategias puedan llegar a ser utilizadas para generar asociaciones en los distintos niveles y sectores de gobierno y sociedad civil, siendo estos instrumentos aquellos que puedan priorizar las formas de reducir los contaminantes dentro de un contexto del desarrollo sustentable.

En materia de planeación y siguiendo con los principios de la sustentabilidad, para el caso de la CAI en las áreas urbanas es necesario incidir en estrategias de mitigación que interrelacionen el problema ambiental con el urbano; a partir de la identificación de sus causas, efectos y acciones de las autoridades competentes, de tal forma que ello permita comprender la magnitud y responsabilidad de la problemática que se enfrenta la sociedad afectada. Donde, además se haga más eficiente su práctica con herramientas que permitan evidenciar las condiciones actuales y las respuestas que se han instrumentado.

### **2.3 Vegetación.**

El objetivo de este apartado es conocer los conceptos de vegetación y cómo ha sido clasificada desde el enfoque de varios autores. Así mismo, se presentarán características de la vegetación de zonas áridas y la vegetación urbana. Los beneficios que brinda al ser humano la utilización de vegetación en el medio construido desde el enfoque de la sustentabilidad. Y como parte de la vegetación se abordarán conceptos como el de áreas verdes, el cual es considerado como parte del equipamiento urbano en México por la SEDESOL (1999), prestando especial atención al equipamiento recreativo y deportivo.

#### **2.3.1 La vegetación y su clasificación.**

La vegetación está unida al hombre desde tiempos remotos, y desde este entonces el hombre ha aprendido a distinguir a las especies que le son útiles para alimento y protección. Aprendió a utilizarlas y conoció la relación que tienen con el clima y el suelo. Un ejemplo claro es la utilización de las plantas en la agricultura.

Cabe mencionar que es posible confundir el concepto de especie vegetal y vegetación, pero aquí se pretende aclarar estos conceptos. Se puede mencionar a Rzedowski

(2006), quien indica que la vegetación es un “conjunto de plantas que ocupan una región, analizado desde un punto de vista de las comunidades bió-botánicas que la conforman”.

Por su parte, Matteucci y Colma (1982, p. 1) define a la vegetación como:

*La resultante de la acción de los factores ambientales sobre el conjunto interactuante de las especies que cohabitan en un espacio continuo. Refleja el clima, la naturaleza del suelo, la disponibilidad de agua y de nutrientes, así como los factores antrópicos y bióticos. A su vez, la vegetación modifica algunos de los factores del ambiente.*

Es preciso mencionar que, si bien la vegetación está determinada por el clima, este también se encuentra determinado por diferentes factores, tales como: altitud geográfica, altitud respecto al nivel del mar, distribución de las tierras y de los mares dados por las diferentes condiciones atmosféricas como la temperatura, la precipitación la presión atmosférica, la nubosidad, viento, humedad y lluvia (Medrano, 2012). Dada la observación del clima, Köppen (García, 2004), agrupó al clima en diferentes tipos como se muestran en la tabla 1. A partir de la clasificación de Köppen del clima se realizó la clasificación de la vegetación. Rzedowski (2006) clasificó 10 tipos de vegetación en México: bosque tropical perennifolio, bosque tropical subcaducifolio, bosque tropical caducifolio, bosque espinoso, matorral xerófito, pastizal, bosque Quercus, bosque de coníferas, bosque mesófilo de montaña y vegetación acuática y subacuática.

**Tabla 1.** Tipos de Clima Clasificados por Köppen de 1936.

Tipo	Clima	Temperatura media	
		Mes más	Mes más
A	Clima tropical lluvioso	>18°C	>18°C
B	Clima seco	-	-
C	Clima templado	>18°C	>0°C
D	Clima boreal	<10°C	<0°C
E	Clima frío o polar	<10°C	<0°C

**Fuente:** elaboración propia con base en la tabla García (2004).

Cabe destacar que los geobotánicos también estudian la distribución de las plantas en la superficie de la tierra, es decir, crear una clasificación geográfica en función de la vegetación, y estos divididos en unidades: reino, región, provincia y sector. Por lo general los macroclimas son los que delimitan las unidades más grandes como el reino y las

regiones, mientras que las provincias y las secciones son los factores que están determinados por el clima o edafología, topografía y geología (Peinado, Alcaraz, Delgadillo y Aguado, 1994).

**a) Especies vegetales.**

Dentro del tema de la vegetación es necesario definir también el concepto de especie vegetal. Gutiérrez, (2014, p. 678) la define como una unidad en el que se tipifican los organismos que se parecen entre si y originan descendencia fértil en un lugar específico en la naturaleza.

Las especies vegetales pueden presentarse en grandes extensiones del territorio, o también pueden estar en una sola zona o en pequeñas regiones. Los seres humanos en muchas ocasiones pueden modificar estas distribuciones, por diferentes razones, por ejemplo: destruyendo su hábitat o creando nuevos, o transporte ya sea por accidente o de manera consciente (Consejo Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad, 2017)

Algunos otros términos relacionados con las especies pueden ser: especie nativa, especie endémica, especie exótica y especie invasora, todas aplicables tanto para especies animales como especies vegetales. La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad CONABIO (2017) las define de la siguiente manera:

“Especie nativa: Especie que se encuentra dentro de su área de distribución natural u original (histórica o actual) de acuerdo con su potencial de dispersión natural. La especie forma parte de las comunidades bióticas naturales del área”.

“Especie endémica. Especie que se encuentra restringida a una región. El término endémico es relativo y siempre se usa con referencia a la región”.

“Especie exótica: Especie introducida fuera de su área de distribución original. Muchas de las especies de plantas ornamentales y de animales domésticos son especies exóticas provenientes de otros continentes. Las especies exóticas no tienen relaciones evolutivas con las especies con las que se encuentran en su nuevo territorio y pueden

ocasionar fuertes problemas transmitiendo enfermedades desconocidas, compitiendo o depredando a las especies nativas”.

“Especie invasora. Especie que por nuevas condiciones creadas en su ambiente aumenta su población y distribución geográfica. Son especies con gran capacidad de dispersión y colonización. Pueden ser especies nativas o exóticas. En general, causan daños al ambiente, a la economía y a la salud humana. De hecho, se consideran la segunda causa de extinción de especies, después de la pérdida de hábitat”.

#### **a) Tipos de plantas y su estructura.**

Las plantas son seres vivos que ayudan en la mejora de la calidad ambiental de un sitio a través de sus diferentes funciones estéticas, arquitectónicas, sociales, económicas y ambientales. Además, estas necesitan cubrir sus necesidades como respirar, transpirar y alimentarse, y pueden llegar a enfermarse al estar faltas de nutrientes o ser atacadas por microorganismos y hongos. Es importante definir los tipos de plantas más comunes para la toma de decisiones y estrategias en base a sus características.

Peña (1998, p. 195-1996) define distintos tipos de plantas:

Árbol: Planta de un solo tronco, leñoso que se ramifica por arriba de este, generalmente de más de tres metros de altura.

Arbusto: Planta de tallo leñoso, ramificados desde su base, generalmente son menores a tres metros.

Enredadera: Planta trepadora de varas, cuerdas, muros, pérgolas, etc. se enreda siempre en función de sus guías o elementos soporte.

Palma: planta siempre verde, de tallo recto, alto y cilíndrico, sin ramas y coronado con un penacho de hojas muy grandes.

Suculentas: Plantas que se caracterizan por que sus hojas y/o tallos almacenan agua”.

Cubrepisos: Plantas herbáceas no leñosas de baja altura, utilizadas generalmente para cubrir superficies.

Es importante mencionar que la mayoría de las plantas están constituidas generalmente por tallos, hojas y raíces; (aunque las cactáceas cambian sus hojas por espinas), sus hojas pueden variar en tamaño y forma; además cuentan con una superficie plana y textura fina. Su raíz es la parte que continua del tallo, ayuda a retener la planta al suelo y absorber nutrientes; y su forma depende de la planta y estructura es: raíces principales, radículas y pelos absorbentes; además pueden contener microorganismos que viven en simbiosis y funcionan como barrera contra elementos dañinos que están en el suelo o participan en la absorción de elementos nutritivos (Chaudet y Boixiere, 2009).

Estos autores indican que para que el crecimiento de la planta sea óptimo necesita de elementos orgánicos ricos en carbono, además de buscar en el aire sustancias para nutrirse y funcionar de manera correcta; y la fotosíntesis ayuda a la transformación de elementos inorgánicos en materia asimilable para la planta. La exposición, el riego, la temperatura, la aireación de las raíces y la correcta elección de la tierra de la planta (todos estos elementos pueden variar dependiendo del tipo de especie de planta) son elementos que ayudan a que la planta tenga un buen desarrollo.

### **2.3.2. Vegetación en zonas áridas.**

Las características que sobre salen de las zonas áridas son las temperaturas extremas del lugar, la escasa precipitación, humedad atmosférica baja y alta transpiración, insolación intensa y vientos poco frecuentes pero que pueden llegar a levantar partículas del suelo. Bajo estas condiciones, la vegetación de las zonas áridas corresponde al tipo de clima B clasificado por Köeppen en 1936 (García, 2004) en donde hay un déficit de agua por períodos prolongados, encontrando de manera general la vegetación xerófito en esta zona. (Chong, 1989; Rzedowski, 2006).

Realizando que la adaptación es una de sus armas para sobrevivir de las plantas en zonas áridas, consisten en que su tejido puede permanecer dormido o inactivo, y en la época de invierno o durante en verano y activarse cuando el tiempo sea más favorable. A esto se le llama perennación o de persistencia; y su relación está muy unida al estado de la superficie de la tierra. Para cumplir con esta función, las plantas pueden tener ramas con hojas pequeñas para absorber poco calor y reducir la pérdida de agua o en vez de tener

hojas, estas fueron cambiadas por espinas, esporas o semillas que en primavera o en estaciones con lluvia se expanden, sus raíces son profundas y fibrosas para absorber mayor cantidad de agua, y sus hojas son de color cenizo o blanco, las cuales ayudan a reflejar mejor los rayos solares. Sus tejidos de “persistencia” es lo que hace posible que sobrevivan en las estaciones que no son favorables, siendo este rasgo esencial para las plantas en su adaptación (Venegas, 1991; Medrano, 2012).

Cabe señalar que dentro de sus características además se agrega que en sus tallos, tejidos y hojas almacenan agua y producen una sustancia resinosa en sus hojas que evitan la pérdida de humedad y les ayuda a retener agua del ambiente. La vegetación de zonas áridas cierra sus poros durante el día cuando el calor es intenso y abrirse durante la noche para el proceso metabólico al igual que sus poros se cierran para resistir temporadas climáticas severas y abrirse cuando haya humedad. Pueden almacenar dióxido de carbono y metabolizarlo y producir sustancias tóxicas que evitan que otras plantas crezcan junto a ellas y evitar competencia del agua. Además, algunas plantas que se presentan en estas zonas pierden sus hojas en épocas desfavorables (Chong, 1989).

Medrano (2004) hace la observación que además de la vegetación xerófita en las zonas áridas, también podemos encontrar vegetación de tipo Pastizal, matorrales, hasta bosques bajos casi siempre de espinas como los mezquites. Por otra parte, dentro de la clasificación de las plantas también encontramos a las plantas introducidas y a las nativas.

La Sociedad de Plantas Nativas de California (California Native Plant Society) (2016) define a las plantas nativas como:

*“Las plantas nativas son las que han crecido en un lugar determinado previo a la civilización moderna. Son plantas que han evolucionado para crecer y florecer a partir de las condiciones climáticas y de suelo particulares de un lugar específico”.*

Estas plantas desarrollaron vínculos con las aves, mamíferos, insectos y hongos del lugar en donde habitan (Gargiullo, 2007) y la adaptación al clima es su ventaja principal, además que requieren menos cuidados y favorecen al ahorro de agua, y su empleo reduce impactos ambientales. Por otra parte, Villaseñor y Magaña (2006) mencionan que las plantas introducidas son las plantas que son trasladadas de un sitio a otro en que

originalmente no existían. Este tipo de plantas han ayudado a las personas, porque se las han considerado hasta cierto punto como sustento, supervivencia y desarrollo de culturas, aunque en otras ocasiones también han resultado dañinas por eliminar a las plantas nativas, y considerarse en invasoras o plagas, pues en ausencia de sus enemigos naturales estas pueden incrementarse y llegar a ser amenaza para la diversidad natural. Aclarando que las plantas que no son nativas de las zonas áridas, necesitan de un riego abundante para poder sobrevivir, y que las plantas nativas de esta zona requieren poca agua y de manera ocasional (Chong, 1989).

Cabe destacar que el Departamento de Agricultura de Los Estados Unidos trazó 11 zonas para América del Norte y se basa en las temperaturas mínimas anuales promedio. Este mapa también se le conoce como USDA Plant Hardiness Zone Map y es una referencia estándar para la selección amplia de selección de plantas utilizadas para la agricultura, paisaje y jardines.

Cabe señalar que la extensión cooperativa de la División de Agricultura y Recursos Naturales de la Universidad de California formó un mapa más preciso sobre las condiciones y zonas de California, y que después se unió al manual del Sunset New Western Garden Book (de 1979), con el cual formaron 21 zonas climáticas diferentes para el estado de California donde usan rangos de temperatura mínima anual que funciona como base para la clasificación de cada zona.

La zona en la que estamos interesados es el número 13 que se encuentra en la zona del desierto de Sonora y se describen las siguientes características en el Landscape plants for California Gardens (Perry y Poly, 2010, p.16):

Las condiciones climáticas áridas del desierto de Sonora producen altos niveles de calor, baja precipitación, viento y aridez. Sin embargo, las heladas de invierno son muy infrecuentes y muchas plantas de las zonas mediterráneas, subtropicales y áridas se cultivan con éxito en comunidades como Palm Springs, Palm Desert e Indio, siempre y cuando haya un generoso uso de agua suplementaria y algún refugio proporcionado por intensas exposiciones al sol.

### **2.3.3 Vegetación urbana.**

La vegetación de la ciudad son plantas nativas, introducidas o exóticas y herbáceas (que se reproducen y evolucionan solas sin la ayuda de las personas) que se siembran en distintos sitios, tales como en patios, jardines, parques, calles, camellones y plazas. Y a pesar del ritmo de la ciudad, estas plantas se adaptan a la contaminación, ruido, escases de suelo, a la convivencia con el hombre y los vehículos (Castro, Briones y Rodríguez, 1987).

Las plantas pueden ayudar a la ciudad de muchas maneras, como captador de material particulado y gases contaminantes de la atmosfera, como barrera de vientos, para la absorción de calor en ambientes urbanos y reducción de temperatura del sitio; entre otros beneficios. Cabe destacar que los efectos dependen de la densidad que tenga la planta, su follaje, el tipo de suelo utilizado, así como la zona de la ciudad en que se ubique la planta (Yin et. al, 2011 y Acero, 2010). Se ha demostrado que las áreas urbanas que son próximas a focos de contaminación con mayor cantidad de plantas tiene mejor calidad del aire, sin embargo, no se ha cuantificado en detalle de cuanto es su potencial de reducción exacto de muchas especies (Acero, 2010).

La vegetación urbana se divide en dos tipos de espacios: los lugares no usados y abandonados por el hombre (estos son solares o lotes, tejados, vallas y muros) y que son ocupados por plantas existentes en zonas próximas, y los que son parte del verde urbano creado por el hombre, este puede ser arboleado lineal, vegetación que está en el interior de viviendas y edificaciones, parques y jardines (Dirección General de Planificación de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, Grupo entorno, Armengol, D. y Briones, M., 1997).

La vegetación urbana adventicia o pionera de las ciudades es la que se adaptado para colonización de numerosas áreas deshabitadas, espacios vacíos o solares, en las que generalmente son plantas herbáceas que sobreviven o que aparecen de manera accidental. En contraste con las plantas que habitan la áreas verdes creadas por el hombre, en que en muchas ocasiones son producidas por manifestaciones sociales de épocas pasadas y el traslado de plantas de otras latitudes (gracias a su adaptación al clima, a las actividades antropocéntricas, contaminación de la ciudad, y al desplazamiento de plantas nativas) favoreció la búsqueda del embellecimiento de la ciudad (Dirección General de Planificación de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía et. al, 1997).

La vegetación urbana unida a sus beneficios puede ser protegida, conservada y mejorada por varias razones: ecológicas, estéticas, educativas, económicas, e incluso científicas; sin embargo, estas deben tener diversas líneas de acción: inventarios de arbolados, planes de reforestación y estrategias de mejoras y ampliación (Dirección General de Planificación de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía et. al, 1997). Así mismo, el diseño que tenga la vegetación urbana es crucial para el servicio ambiental y la mejora de la calidad del aire, unido a la elección del tipo de vegetación en las áreas urbanas (ya sean plantas de alta o baja altura, densas o ligeras en follaje) va a determinar el efecto en la mitigación de la contaminación del aire (Janhäll, 2015).

#### **2.3.4 Áreas verdes.**

Las áreas verdes o zonas verdes se le han otorgado distintos conceptos, tales como la de Dal y Suriani (2014, p.724) que dice lo siguiente:

*“Las zonas verdes se pueden entender como un conjunto de terrenos públicos o privada con cubierta vegetal arbórea dentro de una ciudad”.*

Mientras que Meza y Moncada (2010) definen a las áreas verdes como un elemento que caracteriza y da nombre a las áreas verdes en la ciudad, el cual permite que el espacio construido y el hombre se integren con la naturaleza a través del jardín y el parque, para constituir el paisaje de la ciudad.

Por último, el reglamento de áreas verdes de la ciudad de Mexicali (XVIII Ayuntamiento 2005, p. 2), definen a las áreas verdes como:

*“Aquellas zonas que están constituidas por cualquier tipo de vegetación, como árboles, arbustos, plantas florales, plantas rastreras, cactáceas, etc., entendiéndose como área verde para efecto de este reglamento los parques urbanos, jardines públicos, zonas de preservación ecológica y demás áreas análogas existentes, así como glorietas, calzadas, camellones, plazas, isletas, bulevares y panteones”.*

En suma, las áreas verdes están compuestas de la vegetación de la zona, de pastos, árboles, arbustos y muchas plantas más como cubre pisos o palmeras; algunas originales de la zona u otros puestos por la mano del hombre que forma parte del equipamiento de la

ciudad (Meza y Moncada, 2010). Así que las áreas verdes se han convertido en los principales íconos de defensa del medio ambiente (Loboda y De angelis, 2005).

Peña (2011) hace una tipología para los espacios verdes existentes en la ciudad (Tabla 2). Aunque para fines de esta investigación, nos enfocaremos en las áreas verdes del tipo público que están catalogadas como equipamiento de áreas recreativas y deportivas.

### **2.2.5 Beneficios de las áreas verdes.**

Las áreas verdes y la vegetación ofrecen múltiples servicios que se manifiestan en beneficios sociales, ambientales y económicos en la sociedad urbana, ya que estos contribuyen a la mejora de la calidad de vida de las personas y del medio ambiente. Puede ser difícil la clasificación de los beneficios que brinda la vegetación y las áreas verdes, ya que están muy interrelacionados entre sí. A partir de lo anterior, se observará los diferentes usos y funciones que pueden brindar la vegetación y las áreas verdes (Córdova y Martínez, 2014).

#### ***a) Económicos.***

Los beneficios sociales y ambientales que da la vegetación y las áreas verdes, puede conducir a la obtención de beneficios económicos en las personas en los que se generan ingresos de capital (Córdova y Martínez, 2014).

Aramburo et al. (2014) mencionan que al tener la vegetación adecuada se reducen los costos en mantenimiento, se genera un ahorro en el diseño y planeación en proponer opciones novedosas, influye en la recaudación de impuestos, el arrendamiento comercial y en la obtención de recursos a través de asociaciones públicas, privadas y público-privadas cuando existe un compromiso mutuo entre comunidad y gobierno.

Córdova y Martínez (2014) agregan que la vegetación proporciona productos agropecuarios y forestales, generan ingresos económicos en las personas, proporciona a los residentes oportunidades de recreación gratuita o bajo costo como en el caso de los parques y espacios deportivos. Genera ahorro en el gasto destinado a la salud pública, ayuda a que se establezca cohesión comunitaria y capital social en las personas, ayuda a reducir costos dirigidos a la CAt gracias a las características que las plantas poseen, ayuda a la reducción

de costos en el consumo energético y emisiones de gases de efecto invernadero, y reduce los costos en el manejo del agua pluvial.

Y Nowak, Dwyer y Childs (1997) incluyen que la vegetación y las áreas verdes agregan valor a las propiedades e influye en el desarrollo económico local, promueve la responsabilidad social y la ética ambiental y el desarrollo de programas exitosos de planeación para enriquecer los beneficios de los árboles urbanos, es decir que se emplean programas de educación ambiental para el cuidado de los árboles.

#### ***b) Sociales.***

Las personas están muy relacionadas con vegetación y las áreas verdes, ya que estas mejoran de forma directa la calidad de vida de las personas (Córdova y Martínez, 2014).

Entre los beneficios sociales encontramos los siguientes:

Córdova y Martínez (2014) concuerdan con Nowak et. al (1997) y Arámburo (2014) de que la vegetación y las áreas verdes promueven la salud física y salud mental. Córdova y Martínez (2014) agregan que mejoran la salud comunitaria, proporciona espacios para conectar a las personas con la naturaleza, ofrece educación ambiental, preserva valores culturales, éticos y espirituales de las personas. Arámburo (2014) incluye que la vegetación y las áreas verdes incitan a que exista una participación ciudadana la cual permite accesibilidad a estas zonas, es decir que entre más cerca se encuentre de la población, estas serán más visitadas; y estas áreas ayudan a que sean menores los casos de violencia, agresiones y crímenes en viviendas con más áreas verdes en sus alrededores.

#### ***c) Ambientales.***

Los servicios ambientales son importantes, dentro de ellos encontramos al oxígeno que emiten de los bosques, la purificación del agua, aire y viento, además del filtrado del ruido, estabilización del microclima, secuestro de carbono, o cualquier efecto positivo que ocurra de manera natural o con intervención del hombre para el beneficio de todo el planeta. Son importantes para la habitualidad y bienestar de las ciudades modernas y sus habitantes permitiendo la vida en el planeta (Chiesura, 2004; Rojas, 2013).

Dentro de los beneficios ambientales se observan:

*1) Reducción de la temperatura y los efectos microclimáticos.*

Es uno de los servicios más importantes que ofrece la vegetación; la transpiración de los árboles y sus copas afectan a las temperaturas, la absorción de radiación y almacenamiento de calor, velocidad del viento humedad relativa, turbulencia y la evolución de la altura de la mezcla atmosférica. La reducción de la temperatura del aire puede mejorar la calidad del aire debido a la emisión de muchos químicos que forman al ozono (Nowak, 1999).

*2) Eliminación de los contaminantes en el aire y gases de efecto invernadero.*

Los árboles eliminan contaminantes gaseosos de la atmosfera a través de las estomas de sus hojas por medio de la absorción, aunque también se eliminan otros contaminantes por medio de la superficie de las plantas. Incluyendo que cuando crecen los árboles eliminan el CO<sub>2</sub> de la atmosfera y secuestran el carbono dentro de su masa (Nowak, 1999). Hay que mencionar que los contaminantes pueden penetrar a la planta por dos vías: por la raíz, la cual absorbe el contaminante diluido en agua; y por medio de sus hojas, ya sea absorbido o atrapado (Chaudet y Boixiere, 2009).

Chong (1989) menciona que algunas de las características que deben de tener las plantas para purificar el aire de la atmosfera, como: tener propiedades resinosas u hojas de tipo pubescentes que ayuden a la retención de polvos.; el tener una gran superficie foliar para la colección de polvos e impedir que estos se dispersen de nuevo; También deben de tener hojas grandes que transpiren una enorme cantidad de agua, pues contribuyen con la remoción de las impurezas que hay en el aire; y por último, deben de ser plantas tolerantes a la contaminación urbana ya existente.

*3) Efectos de la energía por uso de los árboles.*

Plantar árboles reduce el uso de la energía; y por consecuencia también se reducen los químicos producidos por las plantas de energía eléctrica. Así mismo, las sombras de los árboles reducen la temperatura de los edificios en verano y ayudan a bloquear los vientos fríos de invierno (Nowak, 1999).

#### *4) Control de la erosión del suelo.*

La vegetación es utilizada para la ayuda del control de la erosión del suelo por viento (Youssef et al., 2012). Algunas de las características que deben de tener los árboles son: la densidad del follaje de las plantas, pues crean una barrera efectiva contra el movimiento del aire por la vegetación; las ramas controlan y disminuyen la velocidad del viento cuando este llega a la tierra; los tallos y la corteza rugosa disminuyen la velocidad del viento cuando pasa a través de ellas; y el sistema que poseen de raíces expansivas ayudan a sujetar el suelo (Chong, 1989).

#### *5) Brindan protección de los vientos.*

Las plantas brindan protección de los vientos, funcionando estas como barreras. El viento puede variar en su velocidad, intensidad y temperatura gracias a la vegetación (Peña, 1990).

Sin embargo, la filtración también es un método que sirve para el control del viento, el cual consiste en pasar el viento por debajo o a través de las plantas. Para lograr la deflexión del viento se tiene que colocar la vegetación de forma individual o en columnas, para el aprovechamiento de las diferentes alturas, diámetros y especies para la desviación de la dirección del viento.

Concluyendo que las partes que ayudan a que el viento reduzca su velocidad son: el follaje denso de las hojas, el ramaje denso, que la planta tenga troncos múltiples y que su corteza sea de forma rugosa y por último sus raíces fibrosas y superficiales (Chong, 1989).

Para finalizar, Mullaney (2015) menciona otras funciones ambientales que pueden proporcionar la vegetación y las áreas verdes son la reducción de escorrentía de aguas pluviales, proporcionar sombra, mejorar el efecto de isla de calor urbano, mejoran la biodiversidad para el suministro de alimentos, disminuir el ruido de los espacios, hábitat y la conectividad del paisaje para la fauna urbana.

### **2.3.6 Áreas verdes públicas como parte del equipamiento urbano.**

El equipamiento urbano tiene un papel importante en la ciudad, ya que este es considerado como instrumento valioso para la construcción de comunidades, (Franco, 2012). Hernández (2000, p. 88) define al equipamiento como dotaciones que la comunidad entiende como imprescindibles para el funcionamiento de la estructura social y cuya cobertura ha de ser garantizada colectivamente. Estos espacios favorecen a la construcción y fortalecimiento de la vida en comunidad de manera que ayuda al mejor uso del tiempo libre y dan sentido de pertenencia de un lugar (Franco, 2012).

Guzzo (1999), menciona que las áreas verdes pueden cumplir tres tipos de ventajas: económicos, estéticas y sociales. Todas las ciudades, menciona Loboda y De angelis, (2005) presentan áreas verdes públicas, donde la población puede disfrutar momentos agradables de ocio donde tienen contacto con la naturaleza, aunque pocas de esas zonas tienen una forma organizada.

Duvigneaud (1974) define a las áreas verdes públicas como: parques, plazas y jardines públicos y privados, con frecuencia con alternancia de céspedes, bocajes (tierras de cultivo y prados) y áreas de cultivos de plantas que algunos poseen valor histórico, bosques incorporados, zonas agrícolas incorporadas, terrenos deportivos, jardines en el interior de las manzanas de las casas, las avenidas, plazas y puntos plantados con árboles, cementerios y los espacios verdes educativos, tales como: jardines botánicos o zoológicos, arboretums, etc. Peña (2011), además de los espacios antes mencionados se agregan campos verdes asociados a las instituciones, propiedades comerciales, industriales e educacionales y ciclistas (Tabla 2).

**Tabla 2.** Tipos de áreas verdes.

<b>Tipología de áreas verdes urbanas</b>		
<b>Públicas</b>		
<b>Sistema: áreas verdes para equipamiento urbano</b>	<b>Sistema: áreas verdes naturales y acondicionadas</b>	<b>Sistema: áreas verdes funcionales</b>
Subsistema: Recreación	Subsistema: Natural	Subsistema: Vial
Plaza cívica, juegos infantiles, jardín vecinal, parque de barrio, parque urbano, áreas de ferias, exposiciones y espectáculos deportivos.	Áreas naturales protegidas federales, estatales o municipales, corredores riparios, ríos, cañadas, colinas y cuerpos de agua.	Camellones, glorietas, banquetas y corredores verdes.
Subsistema: Deportivas	Subsistema: Acondicionado	
Modulo deportivo, centro deportivo, unidad deportiva, ciudad deportiva, gimnasio deportivo, alberca deportiva y salón deportivo.	Ríos, canales, drenes, presas y cinturones verdes.	
Subsistema: Otro tipo de equipamiento		
Centros educativos, Áreas verdes en torno a edificios públicos y cementerios.		
<b>Privadas</b>		
<b>Sistema: áreas verdes productivas</b>	<b>Sistema: áreas verdes privadas</b>	
Subsistema: Agropecuarios	Subsistema: Otros de acceso privado	
Parcelas Cultivadas, granjas y viveros.	Campo de Golf, clubes deportivos, cementerios, áreas en torno a edificios de oficinas o centros educativos y predios baldíos.	
Subsistema: Comercial	Subsistema: Habitacional	
Centros comerciales y corredores comerciales	Jardines residenciales, patios y frentes de predios.	
Subsistema: Industrial		
Parques industriales y zonas industriales		
Subsistema: Turístico		
Complejos turísticos y hoteles.		

**Fuente:** Elaboración en base a tipología propuesta por Peña, 2011.

### **2.3.7 Áreas recreativas-deportivas.**

La Secretaría de Desarrollo Social (1999) elaboró un sistema de equipamiento urbano enfocado para la recreación y de deporte; donde las define como:

Subsistema recreación: este equipamiento es indispensable para el desarrollo de la comunidad, ya que con sus servicios contribuye al bienestar físico y mental de las personas y la producción de la fuerza de trabajo por medio del descanso y el esparcimiento, además de apoyar a la conservación y mejoramiento del medio ambiente. Estas zonas están conformadas por espacios comunitarios de carácter importante en los centros de población, y se encuentran complementados con árboles, vegetación menor y mobiliario urbano. Propician comunicación, integración, convivencia, conservación y ayuda al mejoramiento ecológico. Dentro del subsistema de recreación se encuentran los siguientes elementos: plaza cívica, jardín vecinal, parque urbano, salas de cine, juegos infantiles, parque de barrio, áreas de ferias y exposiciones y espectáculos deportivos.

Subsistema deportivo: este equipamiento es fundamental para el desarrollo físico, ya que apoya a la salud, recreación, comunicación y organización de las comunidades. Este equipamiento responde a la necesidad de la población para realizar ejercicio al aire libre y de manera organizada. Dentro del subsistema deportivo se encuentran los siguientes elementos: modulo deportivo, unidad deportiva, gimnasio deportivo, salón deportivo, centro deportivo, ciudad deportiva y alberca deportiva.

Para fines de este estudio solo observaremos a los espacios denominados como centro deportivo.

#### **a) Centro deportivo.**

SEDESOL (1999) denomina como centro deportivo:

Elemento constituido por canchas al descubierto con instalaciones complementarias y de apoyo, destinadas a la práctica organizada de los deportes, así como de espacios acondicionados para el esparcimiento de los niños.

Integrado por canchas que tienen usos múltiples como: canchas de fútbol, cancha de béisbol, pista de atletismo, frontones, cancha de tenis y gimnasio al aire libre. Además de contar con acceso principal, administración, servicios, estacionamiento y áreas verdes y libres.

Cabe mencionar que este elemento es de uso público y SEDESOL (1999) recomienda que para que sea un espacio con un óptimo aprovechamiento en sus instalaciones tiene que ser ubicado en ciudades con más de 50,000 habitantes además de establecer módulos de 3,6 y 10 canchas para distintos deportes (el número y tipo de canchas se deben de adecuar a las preferencias deportivas de la población y del interés de las autoridades para promoverlas).

### 3. ESTADO DEL ARTE.

Este apartado tiene la finalidad de conocer lo que se ha realizado anteriormente para poder desarrollar una metodología adecuada y así profundizar y cumplir los objetivos del tema de investigación propuesto.

Dentro de esta indagación a nivel internacional se encontraron diferentes enfoques con el objetivo del manejo de la vegetación; como clasificaciones de comunidades vegetales por Matteucci y Colma (1982), planeación en el enverdecimiento urbano de Miller (1997), metodología de arborización en las calles y avenidas de McPherson y Johnson (1982); e investigaciones se refieren también a la purificación del aire en espacios interiores por medio de la vegetación de Genevieve y Boixiere (2010).

Nowak, Crane, Stevens, Hoehn, Walton y Bond, (2008), por su parte observa, estudia y utiliza a la vegetación como elemento para la purificación del aire a través de un muestreo aleatorio de áreas urbanas para ayudar a evaluar la estructura del bosque urbano. Dentro de su metodología se utiliza la información estructural medida para estimar otros atributos estructurales del bosque urbano (por ejemplo, composición de las especies, densidad de árboles, salud de los árboles, área foliar, biomasa de hojas y árboles), valor, diversidad, riesgo potencial para las plagas, eliminación de la CA, secuestro de carbono.

Para llegar a la metodología de Nowak et. al (2008) es necesario utilizar dos tipos básicos de muestreo para cuantificar la estructura del bosque urbano:

1) Por cuadrícula aleatoria: Se divide en celdas de cuadrícula de igual área. Permite una evaluación relativamente fácil de los cambios a través de mediciones futuras (para el monitoreo de los bosques urbanos), pero probablemente a costa de una mayor varianza (incertidumbre) de las estimaciones de la población).

2) Por muestreo aleatorio estratificado: El área de estudio puede subdividirse en unidades de análisis más pequeñas (estratos). Con el muestreo aleatorio estratificado, las parcelas se distribuyen al azar dentro de cada estrato. Este proceso puede disminuir potencialmente la varianza general de la estimación de la población. La desventaja de este

enfoque es que hace que las evaluaciones a largo plazo sean más difíciles de la posibilidad de que los estratos cambien con el tiempo.

Cualquier tamaño de parcela puede usarse en el Modelo de los Efectos Forestales Urbanos (UFORE), pero el tamaño típico de parcela utilizado es 0.04 hectáreas. El número y el tamaño de las parcelas afectarán el costo total de la recopilación de datos, así como la varianza de las estimaciones (Nowak et al., 2008).

Los datos que se necesitan recabar para el Modelo UFORE están divididos en 4 partes:

- 1) Información general para la identificación general del sitio;
- 2) Información sobre arbustos utilizada para estimar el área de la hoja / la biomasa, la eliminación de la contaminación y las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (VOC) por arbustos;
- 3) Información sobre los árboles, que se utiliza para estimar los atributos estructurales del bosque, eliminación de la contaminación, emisiones de COV, almacenamiento y secuestro de carbono, efectos de conservación de energía y posibles impactos de plagas en los árboles;
- 4) Los datos de cobertura de suelo usados para estimar la cantidad y distribución de diversos tipos de coberturas en el área de estudio.

Dentro de la metodología de Harnick y Welle (2009), para la eliminación de la contaminación del aire por vegetación, al igual que Nowak, utiliza una calculadora de CA<sub>t</sub>, elaborada para estimar la eliminación de la contaminación y el valor de los árboles urbanos. Esta calculadora, que se basa en el Modelo (UFORE) del Servicio Forestal de los Estados Unidos, la cual especifica de la ubicación, teniendo en cuenta las características de CA<sub>t</sub> de una ciudad determinada. Por lo que, incluso si dos ciudades tienen características forestales similares, los sistemas del parque podrían generar resultados diferentes debido a las diferencias en la calidad del aire del ambiente.

Los datos que se necesitan para esta metodología son:

- 1) La información sobre la cobertura de la tierra para todos los parques de una ciudad, se obtiene a través del análisis de la fotografía aérea. (Solo se consideran a los árboles que se encuentran en parques públicos).
- 2) Esta calculadora determina el flujo de contaminantes a través de un área dentro de un período de tiempo dado (conocido como "flujo contaminante"), debe de tomarse en cuenta la concentración y la velocidad de deposición; además de las características de los diferentes tipos de árboles, otros tipos de plantas y la variación estacional de las hojas.
- 3) La calculadora usa datos de concentración de contaminación por hora brindados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. El flujo total de contaminantes se multiplica por la cobertura de la copa de los árboles para estimar la remoción de contaminantes.

En china Yin, Shen, Zhou, Zou, Che, y Wang (2011) han trabajado también en la remoción de contaminantes a través de vegetación, por medio de un modelo donde se delimitaron en el Distrito de Pudong, Shanghái, China: el área de estudio, el monitoreo de contaminantes, realizó un inventario de árboles, se hizo una cuantificación de las áreas de las copas de los árboles y una vez obtenido esta información se analizaron todos los datos recolectados para la obtención de resultados. Dentro de su metodología maneja diferentes puntos, los cuales son:

- 1) Área de estudio (donde se consideró el área en Km<sup>2</sup>), población, parques públicos dentro de la zona (ubicación, cantidad y tamaño), área cubierta por vegetación y su contexto; monitoreo de contaminantes del aire, sitios y métodos y técnicas de muestreo (contaminantes TSP, SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> y su concentración) durante tiempos determinados, además de la velocidad y dirección del viento.
- 2) Encuesta de vegetación. Inventario de árboles en cada sitio, en donde se considera: especie, número, edad, altura de la copa, diámetro de la copa y diámetro a la altura del pecho y su ubicación (árboles en la calle, parques, en cursos de agua y árboles residenciales).
- 3) Cuantificación del volumen de la copa de la vegetación: El volumen se puede calcular por el diámetro de la copa (x) y la altura de la copa (y).

- 4) Análisis de los datos.
- 5) Resultados de los análisis.
- 6) Condiciones de vegetación en parcelas experimentales y en el conjunto.
- 7) Atenuación de la CA<sub>t</sub> en los parques.
- 8) Discusión de resultados,
- 9) Factores que afectan la tasa de eliminación de contaminantes.
- 10) Impacto de CVC en la tasa de eliminación de contaminantes.
- 11) Consideración de defectos del estudio: Defectos que pudiera tener el estudio.  
Factores como la reutilización del suelo, heterogeneidad espacial y la fragmentación.

Este estudio intentó un nuevo enfoque para ayudar a estimar la contribución de los parches de vegetación urbana a la eliminación de contaminantes atmosféricos.

Se encontraron también estudios de los efectos de la mitigación de la temperatura y la contaminación realizados por Zupancic, Westmacott y Bulhuis (2015) en donde se estudiaba tipo y escala del espacio verde, tipo y características de vegetación, factores modificadores como viento, estación, hora del día, infraestructura circundante, impactos negativos y beneficios para la salud.

Escobedo y Chacalo (2008) realizaron una Estimación preliminar de descontaminación por arbolado urbano en la ciudad de México utilizando el modelo UFORE en la ciudad de México. Su metodología es de la siguiente manera: 1) parámetros estimados sobre la estructura de la cobertura arbórea, 2) información meteorológica cada hora y para un año, 3) concentraciones por hora y para un año.

Dentro de los estudios encontrados se observó que existían estudios enfocados a las características de las plantas: densidad del follaje, tipo de hoja y altura de árboles y arbustos, entre estos estudios encontramos a:

Paoletti, Bardelli, Giovannini, Pecchioli (2011) realizaron una investigación sobre el impacto de la calidad del aire de un parque urbano dentro de un periodo de tiempo determinado. Los investigadores utilizaron el modelo UFORE en un parque para conocer su

evolución natural y artificial; y su capacidad para controlar la calidad del aire a través de datos de vegetación, datos meteorológicos y contaminación del aire.

Sæbø, Popek, Nawrot, Hanslin, Gawronska, y Gawronski (2012) Estudiaron las diferencias entre distintos tipos de plantas y su acumulación de partículas en las superficies de hojas. Su método está delimitado por los estos pasos: Material de la planta, condiciones de campo, análisis de PM y cantidad de cera, diseño de campo y análisis estadístico.

En investigaciones de nivel nacional observan varias metodologías enfocadas a la vegetación; como es el caso de Alcalá, Sosa, Moreno, Quintana, Quintana, Miranda, Rubio (2008) y Alcalá, Sosa, Moreno, Quintana, Miranda, y Rubio (2008) en el cual estudian distintos tipos de especies vegetales que ayudan en la filtración y purificación del aire (enfocados en el mezquite y al palo verde).

Dentro del nivel regional encontramos estudios de tesis con propuestas relacionadas a los temas de vegetación, como es el caso de López, (1994) quien realizó una propuesta metodológica para la arborización de Mexicali, basándose en la metodología de McPherson y Johnson (1982). Chong (1989) dentro de su metodología realiza y clasifica un inventario de plantas por las funciones que realiza; Zamudio (2011) construye criterios de sustentabilidad para la selección de vegetación nativa basándose en la metodología de McHarg para el cuidado del medio ambiente y mejoramiento del paisaje, que parten de las características, funciones ambientales y paisajísticas de la vegetación. Entre lo más reciente encontramos a Peña (2011) quien realiza una metodología para la planificación de áreas verdes urbanas, con el propósito de que estas áreas sean valoradas como elementos urbanos que favorecen al bienestar de las personas y la sustentabilidad de la ciudad.

Por lo anterior, se observa que la mayoría de las investigaciones anteriores toman como punto principal el manejo de las plantas y de la vegetación, y de ahí se dividen en distintas ramas o intereses, ya que algunos buscan la eliminación de contaminantes en áreas interiores de edificaciones, o hacen hincapié en el enverdecimiento urbano, en el involucrar a vecinos para el mantenimientos de las áreas verdes y del ahorro económico que se puede tener al utilizar a la vegetación como medio de mitigación de la CAAt.

El conocer todos los antecedentes anteriores, permitirá diseñar la metodología más adecuada para el tema de investigación, además permitirá retomar elementos que se ajusten para el cumplimiento de los objetivos propuestos en este estudio.

#### **4. MARCO METODOLÓGICO.**

El marco metodológico es donde se marcará la pauta del proceso, actividades, organización o estrategias que se van a llevar cabo dentro de la investigación. Este capítulo tiene la función de hacer acercamiento y elección la metodología más apta a las necesidades del tema de la investigación y en caso de que este no se defina poder diseñar la metodología de manera lógica.

Uno de los pasos a seguir es conocer lo que los otros investigadores hicieron (estado del arte) y como ellos alcanzaron sus objetivos, conocer sus técnicas, actividades y procedimientos elegidos, con especial atención en las tendencias que se siguen en los estudios relacionados a la mitigación de la contaminación por vegetación.

##### **4.1 Área de estudio.**

###### *a) Ubicación.*

El municipio de Mexicali, capital del estado de Baja California está ubicada al Noroeste de México, entre los paralelos 30° 51' y 32° 43' de latitud norte; y los meridianos 114° 43' y 115° 51' de longitud oeste. (INEGI, 2009). La ciudad de Mexicali colinda directamente al norte con la ciudad de Calexico, California de Los Estados Unidos Americanos, al Oeste, Sur y Este se encuentra bordeada por el valle de Mexicali, y también está delimitada por elevaciones: al Oeste por el cerro El Centinela, y Sur y Sureste por la Sierra Cucapah. Al Este Mexicali está delimitado por una zona de dunas llamada a mesa arenosa de Andrade (Figura 1) (Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana, 2007).

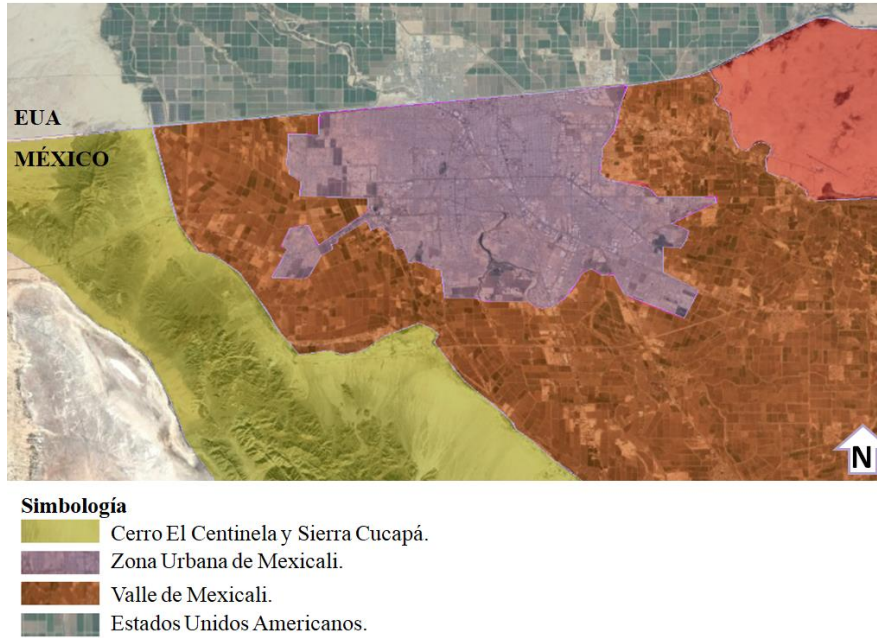
Superficie y habitantes: La ciudad de Mexicali tiene una superficie de 206.34 km<sup>2</sup> (Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana de Mexicali, 2007). El INEGI en su censo del 2010 registró que la ciudad era habitada por 759,537 personas dentro del área urbana.

Clima: La ciudad de Mexicali está ubicada en la provincia del Desierto de Sonora y se caracteriza por tener un clima cálido seco, por lo cual presenta pocas precipitaciones pluviales con lluvias en invierno, donde además la temperatura promedio en verano es de 38 a 40° C registrándose máximas de 52° C, y la temperatura media anual es de 23 a 27 ° C; en el cual el mes más frío es enero con una media mensual de 12.7 a 15° C. La insolación media anual es de entre 2400 y 2500 horas distribuyéndose de manera uniforme en verano.

Los vientos que se presentan en la ciudad de Mexicali tienen un comportamiento de forma estacional, estos comienzan a principios de otoño (agosto-noviembre) y terminan a mediados de la primavera (febrero-marzo); con velocidad máxima de 100 Km/hr. Los vientos que predominan provienen del Norte, Noroeste y Oeste durante el invierno y primavera; del Sur y Sureste durante el verano; y otoño se presenta gran porcentaje de calmas y vientos de transición. La precipitación pluvial es escasa, con un promedio anual de 36 mm., aunque se han registrado años con una precipitación de 73.9 mm. Durante la época de invierno, alcanzando en algunas ocasiones los 132 mm (Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana, 2007 y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2011).

Relieve: La ciudad es relativamente plana, presenta pendientes que van de 0 al 2 % en la mayor parte de su superficie, aunque dentro de la ciudad de Mexicali tiene diferencias en su altura, que van desde los 10 (zona oriente) a los 3 metros (zona poniente) sobre el nivel del mar (XXII Ayuntamiento, 2018), como las zonas del cauce del Río Nuevo que presentan áreas que tienen hasta de 4 metros bajo el nivel del mar ((Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana, 2007).

Edafología: La mayor parte de los suelos en la ciudad de Mexicali son del tipo arcillosos expansivos de baja permeabilidad. También existen en Mexicali zonas de suelos orgánicos ya que anteriormente estos fueron rellenos sanitarios que se han mostrado inestables por la lenta descomposición de la materia orgánica enterrada (en zonas bajas del Río Nuevo, al Este de la Laguna Xochimilco, dren Xochimilco en la Colonia Campestre, dren Mexicali en la Colonia Satélite, y Kilómetro 14 de la carretera al aeropuerto) (Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana, 2007)



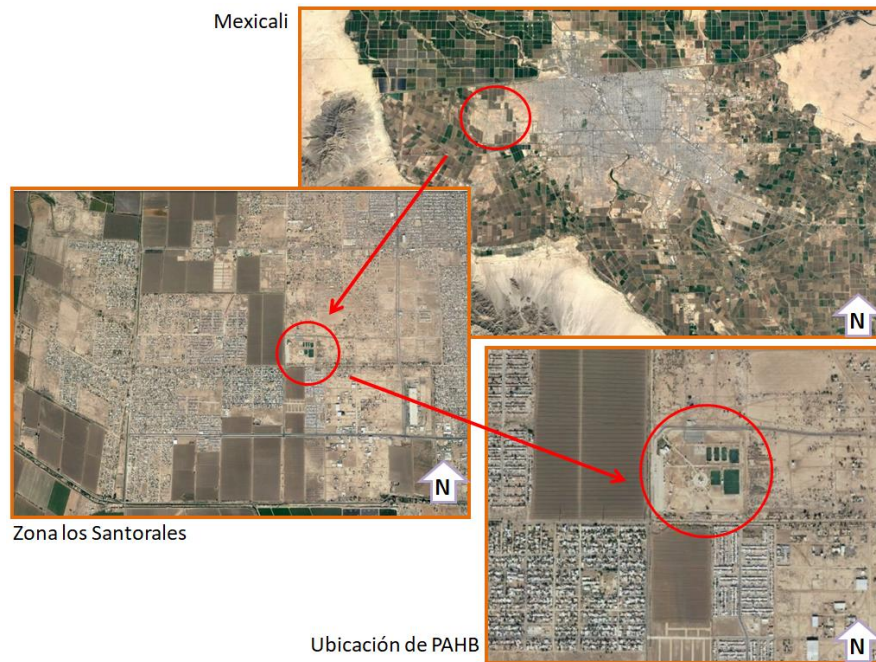
**Figura 1.** Ciudad de Mexicali.

**Fuente:** Google Earth Pro (2017).

**Economía:** La economía de Mexicali se enfoca a las actividades agrícolas y ganaderas (en el valle que bordea a Mexicali) e industrial (dentro de la ciudad) (Instituto de Investigaciones Sociales UABC, Instituto de Ingeniería, Facultad de Arquitectura y Diseño, 2011).

**Sitio de estudio:** *Polideportivo Augusto Hernández Rodríguez.*

El Polideportivo se encuentra emplazado en la zona poniente de la ciudad de Mexicali, denominada como “los santorales” (Figura 2) por estar formada por 20 colonias en su mayoría por colonias que hacen referencia a santos: Ampliación Santa Isabel, Santo Niño, Ampliación Santo Niño, La Estrella, La Luna, Refugio, Ampliación Refugio, Paraíso, Centinela, Misiones, Villas de Alarcón, Jazmines, San Clemente, San Carlos, San Jacinto, San José, San Pablo, El Sauce, Las Reynas, Gabriela Mistral, Santa Lorena, Progreso (Jiménez, 2014).



**Figura 2.** Ubicación de la zona *Los santorales* y PAHB.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de fotografía satelital (Google, 2018).

Esta zona tiene una población aproximada de 50,000 habitantes (García, 2015) y está orientada al desarrollo de fraccionamientos habitacionales populares progresivos y algunos de interés social, además de contar con parques industriales, y presentar limitaciones en dotación de infraestructura, comercios y servicios; y en la cual aún existen aún zonas de reserva para uso habitacional de tipo popular e industria (Plan de Desarrollo Urbano de Centros de Población Mexicali 2025 PDUCP, 2007 y Leyva, 2011).

Heras (2015) menciona que algunos factores como la presencia de fauna nociva, actividad de la industria carnícola, efectos de lagunas de oxidación, estragos de la planta termoeléctrica, servicios públicos deficientes, uso de plaguicidas, canales de riego y de aguas negras desbordados y quema inmoderada de maleza; ha provocado que falte salubridad en la zona, ya que en la actualidad se tiene problemas de salud provocada por enfermedades como la rickettsia, enfermedad producida por las garrapatas y pulgas que pueden mantenerse ocultas bajo tierra hasta un año y buscan alimentarse; estos casos se presentaron desde finales de la década de 1990 pero fue hasta una década después se tomara en cuenta por las autoridades.

Las actividades que destacan en esta zona de la ciudad son los deportes, tales como el básquetbol, fútbol y béisbol, ya es que estos deportes son más accesibles y no existen otras ofertas en esta zona. Cabe mencionar que la falta de tiempo que los padres dedican a los hijos y la falta de espacios recreativos y deportivos adecuados para la convivencia hacen imposible cumplir las funciones de socialización entre ellos (Higashi y López, 2016).

El centro polideportivo *Augusto Hernández Bermúdez* es un área verde pública que se encuentra dentro de la zona *Los Santorales* (Figura 3) dedicado a las actividades deportivas, ya que la Secretaría de Desarrollo Social (Secretaría de Desarrollo Social, 1999) y la Comisión Nacional del Deporte (Consejo Nacional del Deporte, 1988 citado por Secretaría de Desarrollo Social, 1999 ) lo define como un centro deportivo por su conjunto de canchas al descubierto, instalaciones complementarias destinadas a la práctica del deporte y al esparcimiento de espacios acondicionados con juegos para los niños.

El Polideportivo fue inaugurado el 6 de Noviembre del 2012 en la administración del XX Ayuntamiento de Mexicali, Baja California a cargo del presidente municipal Francisco Pérez Tejada; y fue dedicado al locutor, periodista y cronista deportivo Augusto Hernández Bermúdez; es una obra realizada por el gobierno municipal con el apoyo de la Comisión Nacional del Deporte CONADE con una inversión de 30 millones de pesos en su primera etapa que abarca 19 hectáreas (aproximadamente 192 mil 842 metros cuadrados). Y en su primera etapa contó con dos canchas de futbol rápido, una de fut 7, otra de futbol convertible en futbol americano, todas con pasto sintético, así como dos de baloncesto que bien pueden ser utilizadas para voleibol y tableros de acrílico; un gimnasio de usos múltiples para box, zumba, karate y que cuenta con baños y vestidores (Agencias, 2012).

En etapas posteriores se han construido dos canchas de béisbol además de una cancha para softbol. Quedan pendientes dos canchas de basquetbol convertibles a cancha de voleibol. (Figura 4) Se observa la distribución en el conjunto deportivo sus canchas, salón de usos múltiples y estacionamientos.

Actualmente empresas privadas y equipos de barrios y colonias realizan con la ayuda del IMDECUF torneos de futbol, con el objetivo de sacar de la rutina y crear lasos de

compañerismo y amistad entre compañeros en las empresas; y alejar a los jóvenes de la formación de pandillas, sedentarismo y la promoción de una vida sana a través del ejercicio.



**Figura 3.** El PAHB en la zona de los Santorales.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de fotografía satelital (Google, 2018).

#### **4.2 Metodología propuesta.**

Con lo revisado anteriormente en los antecedentes y metodologías de otros lugares sobre la problemática de la contaminación y su mitigación a través de la utilización de plantas se llevará a cabo una investigación descriptiva y analítica sobre Mexicali y el sitio denominado el Polideportivo *Augusto Hernández Bermúdez* de la ciudad de Mexicali Baja California, donde se plantea hacer una metodología en distintas fases:

- Primera fase: revisión documental.
- Segunda fase: análisis de uso de suelo en el sitio.
- Tercera fase es el análisis de vegetación en el sitio.

Para el cumplimiento de los primeros dos objetivos, se realizará una revisión documental dividida en dos partes:

La primera fase está enfocada a una indagación a nivel global y nacional, en la cual se identifiquen plantas de zona áridas que cumplan con la función de control de la erosión del suelo y descontaminación de la atmósfera; además de a una indagación a nivel regional, en la cual se identifiquen las plantas idóneas para la ciudad de Mexicali que permitan la mayor fijación de material particulado para la mitigación de la CAT, consultando autores como Chong (1989), Peña (1990), Venegas (1991), Peña (1998), Perry (2010), Zamudio (2011), González (2012) además de la guía de forestación para el municipio de Mexicali (XVII Ayuntamiento de Mexicali, 2005) son importantes para esta fase de investigación.

La segunda fase está dedicada a obtener una visión más amplia sobre el uso de suelo del sitio en donde se pretende identificar, conocer sus características y elementos existentes dentro del sitio como lo indican Nowak, Crane, Stevens, Hoehn, Walton (2008) y Yin, Shen, Zhou, Zou, Che. al (2008) con variables como: dirección del sitio, fecha, unidades de medición, área de estudio, objetos de referencia, uso de suelo en el sitio, porcentajes de cada uso de suelo dentro del sitio, porcentaje de área cubierta por árboles, porcentaje de área cubierta por arbustos y porcentaje de área plantable; se realizará a través de visitas al sitio y el manejo de imagen satelital. Aunado a esta fase, como una aportación a la investigación se pretende analizar la normativa, planes y reglamentos manejados en las áreas recreativas y deportivas de la ciudad de Mexicali.

Para el análisis de la vegetación en el sitio es necesario hacer una división en cuadrantes que permita realizar un mejor manejo de la información a recabar, como lo indican Nowak, et. al (2008), está se realizará a partir del manejo de imagen satelital.

En la última fase se llevará a cabo un inventario de especies vegetales del sitio (ver en Anexo 5, Tabla 47), como lo indica Nowak et. al (2008), Yin et. al (2011), Oliveira y Carvalho (2009), Sæbø, Popek, Nawrot, Hanslin, Gawronska, y Gawronski, (2012) y Paoletti, Bardelli, Giovannini, Pecchioli, (2011) para conocer de cada especie las variables de: especie de vegetación, número, edad, altura de copa, follaje, diámetro de copa y diámetro a la altura del pecho (dap), porcentaje de área sin y con hojas en arbustos y área descubierta en árboles, con el apoyo del programa de Microsoft Office Excel (2007) para el vaciado de todos los datos. Cabe mencionar que la utilización del modelo del UFORE es

adaptado a las características del proyecto de investigación y de la información de las variables que se puede recabar.

Estas variables permitirán conocer el estado en que se encuentran las plantas en el ámbito de la mitigación de la CA<sub>t</sub>, además que permitirá estimar la cantidad y distribución de los diversos tipos de cobertura del suelo en el sitio como lo indica Nowak (et. al 2008), Yin (et. al 2008). También se deben de considerar otras variables para conocer como el área de cobertura vegetal y el volumen de la copa como lo indica Yin (et. al 2008). Todas estas variables deben de ser conseguidas a través de herramientas como flexómetro, cinta métrica de 30 metros y odómetro y la aplicación medir altura (Measure Height de Deskis versión 1.4, 2014). Dentro del inventario vegetal también se hace una aportación a la investigación del sitio, al considerarse variables como: nombre común de la especie y nombre científico, origen, permanencia, tipo de hoja, crecimiento de la especie, agua, iluminación, suelo y mantenimiento necesario para el crecimiento óptimo de la especie. Información que será obtenida de autores como Peña (1998), Venegas (1991), Chong (1989), Perry (2010) y la guía de forestación del municipio de Mexicali (XVII Ayuntamiento de Mexicali, 2005) con el fin de tener un panorama más completo de las especies existentes en el polideportivo. Así mismo, como aportación a la investigación se adiciona la fotografía de cada planta como evidencia y apoyo al inventario a realizar.

Además, se incluyen variables de aportación como: ubicación de la planta, tales como: código de ubicación en el sitio, cuadrante de ubicación, coordenada de referencia, descripción del punto de referencia, distancia entre planta y planta y observaciones de la planta de su estado, es decir, si esta se encuentra con plaga, torcido o cortado de la parte superior.

#### **4.3 Revisión documental.**

A partir de una nueva indagación para el nivel global-nacional y regional se revisaron autores como: Chong (1989), Peña (1990), Venegas (1991), Peña (1998), Perry (2010), Zamudio (2011), González (2012) además de la guía de forestación para el municipio de Mexicali (XVII Ayuntamiento de Mexicali, 2005) para la realización de fichas y tablas de información con datos relevantes sobre las plantas, tales como: nombre

común, nombre científico, familia, origen, tipo, forma, hojas, follaje, permanencia, altura, diámetro, flor, floración, crecimiento, fruto, suelo, agua, luz, mantenimiento y observaciones (ver Anexo 3, tabla 26 a la tabla 45).

Con ayuda del programa de Excel Microsoft (2007) se debe de vaciar toda la información recabada para formar una matriz de plantas, y crear de manera individual fichas descriptivas de cada una. Las fichas deberán contener 23 elementos y la matriz (ver en Anexo 4 Tabla 46) 24 elementos con la siguiente información:

Esta sección se refiere a los datos generales de las plantas inventariadas.

A) Número de ficha, con la finalidad de dar un orden a la información.

B) Nombre común de la planta, este se refiere al nombre con el que se le conoce en la localidad y que puede variar según la región y la cultura.

C) Nombre científico, se refiere al nombre con el que se le conoce de manera internacional, está en latín y especifica el nombre y variedad de la especie.

D) Familia, se debe indicar a que familia pertenece la planta.

E) También debe de mencionarse la función más representativa de la planta, en este caso se buscan que sean dos: purificación de la atmosfera y control de la erosión del suelo.

F) Tipo de planta: árbol (planta de un solo tronco que se ramifica en la parte superior de la planta y que mide por lo general más de tres metros de alto), arbusto (planta que se ramifica desde su base y que mide por lo general menos de tres metros de alto), enredadera (planta trepadora que está en función de sus guías o elementos de soporte), cubrepiso (planta herbácea de baja altura que tiene como función principal cubrir superficies), perenne (planta herbácea que vive por más de dos años y muere cada invierno y vuelve a crecer en primavera), anual (planta que en un año o menos germina, crece, florece y muere), suculenta (plantas que se caracterizan por que sus hojas y tallos acumulan agua) y palma (planta de tallo recto, alto, cilíndrico y sin ramas que siempre está verde y se corona con un penacho de hojas grandes) (Chong, 1989 y Peña, 1990).

G) Origen, es decir si es nativa de la región o es inducida.

H) País, es decir de qué país o lugar proviene la planta.

I) Follaje, debe de indicarse el tipo de follaje que tiene la planta, si este es denso, medio, ligero o nulo en sus hojas.

J) Tipo de pertenencia del árbol, es decir a la permanencia de las hojas en la planta. Esta puede ser perennifolia o caducifolia. En el elemento número once se especifica la altura máxima promedio de la planta.

K) Altura, altura que puede llegar a alcanzar la planta.

L) Diámetro donde se debe de considerar el espacio mínimo que necesita la planta para el crecimiento de su copa y raíces.

Los siguientes elementos que están enfocados a los cuidados que deben de tener las plantas

M) Agua, la necesaria para su crecimiento óptimo, esta puede ser abundante (todos los días), regular (dos a tres veces por semana) escaso (ocasional) y nulo (solo con agua de la lluvia).

N) Suelo, el necesario para el crecimiento de la planta, estos suelos pueden ser tolerante (cualquier tipo), preparado (con 30-50% de materia orgánica) arenoso, gravoso, alcalino y tierra de jardín (con nutrientes y turba (Peña, 1990). Exposición a la luz solar, esta puede ser pleno sol, media sombra, sombra total y reflejada).

Ñ) Crecimiento, el promedio máximo del crecimiento de las plantas, este puede ser rápido, moderado y lento.

O) Mantenimiento, este engloba a los cuidados que se deben de tener en las plantas: poda, fertilizante y limpieza; este puede ser de tipo constante, regular ocasional, bajo y nulo (Chong, 1989 y Peña, 1990).

Los siguientes elementos están enfocados a las características de la planta.

P) Forma: se refiere a la forma que tiene físicamente la planta en su copa, la posición de sus ramas y su follaje. Este puede ser esférica, ovoidal, columnar, piramidal, extendida, pendular, irregular, parasol, abanico y horizontal.

Q) Hoja, se refiere al tipo de hoja que esta puede ser de dos formas: simples, catalogadas como: acicular, deltoide, elíptica, escamiforme, espatulada, filiforme, lanceolada, linear, oblanceolada, oblonga, ovoide, orbicular, ovoide, reniforme, romboidal y subulada; y las hojas compuestas, catalogadas como: bipinnada, imparipinnada, palmada, pinnada, trifoliada, trofoliolada (Chong, 1989 y Peña, 1990).

R) Flor, se refiere al tipo de flor ya que esta tiene la función de la reproducción y se encuentra de distintas formas, colores, tamaños y fragancias.

S) Floración, es decir la época en el año en que la planta florece. En el elemento veintidós se refieren al fruto que puede ser baya, drupa, vaina o legumbre o samara (Chong, 1989 y Peña, 1990).

T) Fruto, se refiere al tipo, forma y características del fruto que da la planta.

Los dos últimos elementos están dirigidos a datos informativos de la planta.

U) Observaciones: es información general de la planta.

V) Desventajas que puede tener esa planta.

Cabe mencionar la matriz de plantas conserva una columna adicional en la que se mencionan los autores que se tomaran de referencia para la realización de la investigación documental de plantas en áreas desérticas.

**Tabla 3.** Ejemplo de ficha descriptiva para las plantas.

<b>No. 109</b>	<b>Yucateco, Laurel de la India</b>
<b>Nombre científico</b>	<i>Ficus microcarpa</i>
<b>Familia</b>	Moráceas.
<b>Tipo</b>	Arbol.
<b>Función</b>	Purificación de la atmosfera y control de la erosión.
<b>Origen</b>	Introducida.
<b>País/región</b>	Malasia.
<b>Follaje</b>	Denso.
<b>Permanencia</b>	Perennifolio.
<b>Altura</b>	6.00-10.00 m.
<b>Diámetro</b>	6.00-9.00 m.
<b>Agua</b>	Abundante.
<b>Suelo</b>	Tierra/Jardín.
<b>Luz</b>	Pleno sol.
<b>Crecimiento</b>	Rápido.
<b>Mantenimiento</b>	Regular.
<b>Forma</b>	Esférica.
<b>Hojas</b>	Simples, alternas, oblongo-elípticas, 5-10 cm., color verde oscuro.
<b>Flor</b>	Pequeña, incierta en un receptáculo globoso.
<b>Floración</b>	Marzo-agosto.
<b>Fruto</b>	Es un sicono color verde.
<b>Observaciones</b>	Es el árbol más utilizado en plazas y parques mexicanos.
<b>Desventajas</b>	Consume mucha agua y requiere muchos cuidados. Sus raíces a cierta edad afectan estructuras (guarniciones, cimientos o tuberías). En época de verano se ve afectado por altas temperaturas.

**Fuente:** Elaboración propia en base a la información de los autores: Rzedowski (1978), Chong (1989), Peña (1998), Venegas (1991), Zamudio (2011), Perry (2011), (XVII Ayuntamiento de Mexicali, 2005).

#### 4.4 Análisis de uso de suelo del sitio.

El objetivo de este análisis es conocer de una manera clara la forma física, las partes que conforman al polideportivo Augusto Hernández Bermúdez, así como verificar el cumplimiento de los requisitos mínimos indicados en la normatividad para este tipo de espacios.

Para iniciar, se llevó a cabo una revisión bibliográfica de los requerimientos normativos para el equipamiento deportivo y recreativo en la ciudad de Mexicali. Para este análisis también se suma revisión de planes, reglamentos y sistemas normativos e inventarios de áreas verdes existentes:

- Para este análisis se hizo la revisión del sistema normativo de equipamiento urbano en el subsistema recreativo y deportivo de la SEDESOL (1999) utilizado en la ciudad de Mexicali para hacer una comparación con los elementos encontrados en el sitio.
- Se revisó el Plan de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali 2025 (2007).
- Se revisó inventario de áreas recreativas y deportivas del Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana de Mexicali (2016).
- Se revisó el reglamento de áreas verdes existente y vigente en la ciudad de Mexicali, para corroborar si el ayuntamiento cumple con la regulación, conservación, restauración y mantenimiento de esta área (2005).

Segundo, se llevó a cabo el reconocimiento físico de la zona y del sitio, con la finalidad de conocer el entorno en el que se encuentra (viviendas, parcelas cercanas, drenes, calles principales y secundarias (y el estado en que se encuentra), su acceso, además de ver las áreas de oportunidad que pudiera tener el sitio. Este análisis se comenzó con la visita al sitio, en donde se ubicaron gran parte de las instalaciones, tales como: estacionamiento, canchas de fútbol, salón de usos múltiples y cafetería. Así mismo se tomó la dimensión perimetral del sitio, apoyándose en el uso de un odómetro (Measure master, modelo mm-30-3m). Además, se tomaron fotografías del sitio de los elementos encontrados con una cámara (Sony, DSC-S700).

Una vez que obtuvo la información base, también se obtuvo una fotografía satelital por medio del programa Google Earth Pro (Google Inc., 2017); y durante visitas posteriores se ubicaron y rectificaron cada uno de los elementos físicos que conforman al polideportivo con apoyo del programa Autocad (Autodesk, 2016), dónde se dimensionó y escaló la imagen satelital, para poder generar perímetros y superficies de cada uno de los elementos físicos encontrados.

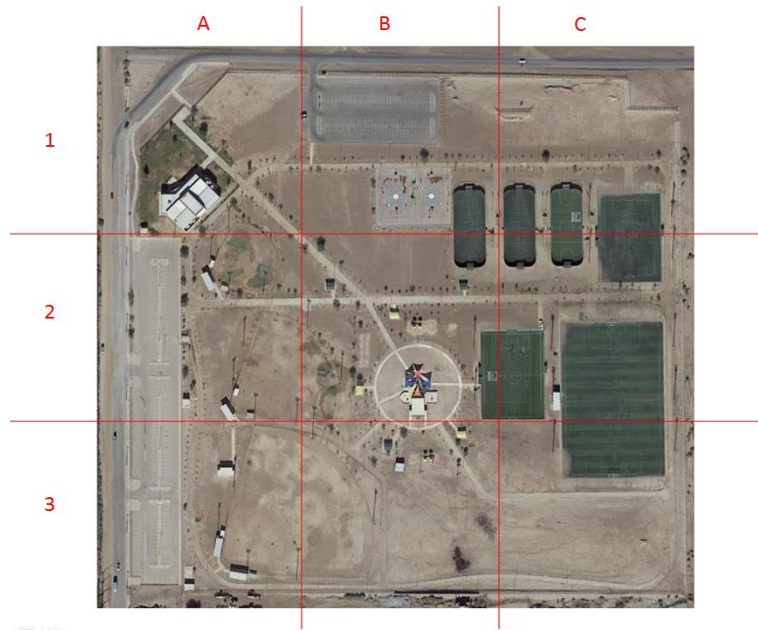
Cabe mencionar que también se recabó información del sitio, tales como: dirección del sitio, fecha, unidades de medición, área de estudio, objetos de referencia, uso de suelo en el sitio, porcentajes de cada uso de suelo dentro del sitio, porcentaje de área cubierta por árboles, porcentaje de área cubierta por arbustos y porcentaje de área plantable.

#### **4.5 Análisis de vegetación en el sitio.**

Para llevar a cabo este análisis se necesitó una imagen satelital, obtenida del programa Google Earth Pro versión 7.1.7.2606, (2017) que fue dividida en 9 sectores de aproximada mente 20,000 metros cuadrados cada uno para un mejor manejo en la captura de datos de las especies vegetales en el sitio (Figura 4); y a cada cuadrante se le denominó A1, A2 A3 B1, B2, B3, C1, C2 y C3.

Las variables que se necesitaron para la recolección de datos en campo son: código de ubicación en sitio de estudio, cuadrante de ubicación, coordenada de referencia de ubicación de especie en sitio, observaciones de punto de referencia, distancia entre planta y planta, fotografía de la planta, tipo de especie de planta (árbol, arbusto, palmera), nombre común, edad aproximada de le especie, follaje (denso, medio, ligero o nulo) (ver en Anexo 5, tabla 47), altura (árboles, arbustos) según Nowak (2003), diámetro a la altura del pecho (árboles), altura a la copa (árboles), diámetro de la copa (árboles), medidas de arbustos (Norte/Sur y Este/Oeste), área descubierta de la copa (árboles), área cubierta y descubierta de arbustos.

Mientras que las variables recabadas de manera bibliográfica son: captura del nombre científico, origen de la especie, permanencia de la planta, tipo de hoja en árboles y arbustos, áreas copa (en árboles) y toldo (en arbustos), volumen de copa en árboles y volumen de toldos en arbustos, el crecimiento de la especie (al tener las condiciones óptimas), agua, iluminación, suelo y mantenimientos necesarios para el correcto crecimiento de la planta y por último la agresividad de la raíz y los problemas que pudiera ocasionar. Con el fin de tener un panorama más amplio de la vegetación existente dentro del sitio.



**Figura 4.** División de cuadrantes en el sitio.

**Fuente:** Elaboración a partir de la imagen satelital de Google Earth (2017).

Para la recolección de datos en campo fue necesario seguir los siguientes pasos:

- Elegir el cuadrante que se va a trabajar.
- Ubicar la planta en fotografía satelital (si es que se alcanza a apreciar).
- Asignarle un código para identificarla en el cuadrante.
- Ubicar un punto de referencia (fijo).
- Asignar a la planta una coordenada partiendo del punto fijo de referencia.
- Describir el punto de referencia.
- Medir con cinta de 30 metros la distancia que existe entre especie y especie (rectificándose posteriormente con imagen satelital).
- Tomar la fotografía de la especie.
- Verificar que tipo de especie es (árbol, arbusto, cubrepiso, palmera, etc.).
- Asignarle el nombre común (si se conoce).
- Asignarle una edad aproximada de la planta.
- Verificar que tipo de follaje tiene la planta (Denso, medio, ligero o nulo) en base a Nowak (2003).

- Medir la altura de la planta con cinta de 5 metros (Truper, modelo prolock) o con la aplicación para medir (Measure Height de Deskis, versión 1.4, 2014).
- Medir la altura del pecho del árbol.
- Medir la altura a la copa del árbol.
- Medir el diámetro de la copa.
- Medir el arbusto (dos medidas Norte/Sur y Este/Oeste).
- Asignar % del área descubierta en árboles.
- Asignar % del área cubierta en arbustos.
- Asignar % del área descubierta en arbustos.
- Verificar que tipo de mantenimiento tiene la planta (Constante, regular, medio, ocasional, nulo).
- Describir las posibles observaciones que pudiera tener la planta.

Con ayuda del programa de Excel Microsoft (2007) se vació toda la información recabada para ser procesada y poder realizar análisis de resultados.

En resumen, la indagación de antecedentes, la elección y diseño de la metodología propuesta nos permitirá conocer diferentes puntos:

- Conocer las plantas a nivel internacional-nacional que tienen la función de control de la erosión del suelo y descontaminación de la atmósfera.
- Conocer las plantas a nivel regional que tienen las funciones de control de la erosión del suelo y descontaminación de la atmósfera, de poco mantenimiento y poco consumo de agua.
- Conocer estado en el que se encuentran las plantas en el sitio, ya que el inventario permite conocer y analizar las características de las plantas, su cantidad, crecimiento, calidad y características.
- Conocer los usos de suelo que el sitio tiene de una manera clara y compararlo con las normativas de equipamiento, planes de desarrollo de la ciudad y reglamentos existentes.
- Conocer la normativa y que puntos destaca y está enfocada a las áreas verdes recreativas y deportivas.

## 5. RESULTADOS.

En este apartado se conocerán los resultados obtenidos en base a la metodología diseñada y aplicada en la investigación, con el objetivo de realización de estrategias y recomendaciones para la mitigación de la CA<sub>t</sub>. Los resultados están divididos en tres secciones, que corresponden a los objetivos de esta investigación; resultados de revisión documental, resultados de uso de suelo del sitio y resultados de vegetación en el sitio.

### 5.1 Resultados de revisión documental.

Estos resultados están apegados a los dos primeros objetivos de esta investigación:

- A) Identificar las plantas de zonas áridas que contribuyen a la mitigación de la CA<sub>t</sub> por material particulado.
- B) Identificar las plantas idóneas para la ciudad de Mexicali que permitan la mayor fijación de material particulado para la mitigación de la CA<sub>t</sub>.

Los resultados del primer objetivo están enfocados en una indagación bibliográfica en la cual se identifican las plantas de zona áridas que cumplen con la función de fijación de material particulado.

Se revisó distintos autores, tales como: Rzedowski (1978), Chong (1989), Peña (1998), Venegas (1991), Zamudio (2011), Perry (2011), además de la guía de forestación para el municipio de Mexicali, Baja California (XVII Ayuntamiento de Mexicali, 2005). En la indagación se buscó cruzar información entre los autores antes mencionados, para saber si estos coinciden con las especies encontradas para zonas áridas, tomando en cuenta a las plantas nativas e inducidas o adaptadas a las características de la zona.

Con relación a la indagación, se encontraron un total de 109 plantas que se han comprobado que resisten a las cuestiones climatológicas de zonas áridas, de las cuales 9 son nativas de la región de Baja California (*Prosopis pubescens*, *Dalea spinosa*, *Atriplex lentiformis*, *Hyptis emoryi*, *Yucca schidigera*, *Larrea tridentata*, *Washingtonia filipera*, *Agave deserti* y *Frankenia palmeri*); y las demás plantas son introducidas en la región y las cuales provienen de diferentes países o regiones como China, Japón, Corea, Brasil, Australia, Sudáfrica, Siberia, y otras de regiones cercanas como el Centro y Este de Estados

Unidos Americanos, Texas, Arizona, Sureste de Estados Unidos Americanos y México (Tabla 4).

**Tabla 4.** Especies que contribuyen a la mitigación de la contaminación por sus funciones de purificación del aire y de control de erosión del suelo.

<b>Plantas con función de purificación de la atmosfera, control de erosión del suelo y origen.</b>			
<b>Plantas introducidas</b>			
<b>Árboles</b>			
<b>No.</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>País/región</b>
1	Acacia	<i>Robinia pseudoacacia</i>	Centro y este de EUA
2	Acacia	<i>Acacia abyssinica</i>	Etiopía.
3	Álamo	<i>Populus fremonti</i>	Sureste de EUA y México
4	Álamo blanco	<i>Populus alba</i>	Europa, Asia y norte de
5	Algarrobo	<i>Ceratonia siliqua</i>	Este del Mediterráneo
6	Árbol de los cielos	<i>Ailantus altissima</i>	China
7	Benjamina	<i>Ficus Benjamina</i>	Sur de Asia y norte de
8	Casuarina	<i>Casuarina stricta</i>	Australia
9	Casuarina cola de caballo,	<i>Casuarina esquisetifolia</i>	Australia
10	Casuarina, pino austriaco	<i>Casuarina cunninghamiana</i>	Australia
11	Ciprés de Arizona	<i>Cupressus arizonica</i>	Sureste de EUA y norte de
12	Ciprés italiano	<i>Cupressus sempervirens</i>	Región mediterránea de Italia
13	Eucalipto	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Australia
14	Eucalipto	<i>Eucalyptus cinérea</i>	Australia
15	Eucalipto	<i>Eucalyptus citriodora</i>	Australia
16	Eucalipto	<i>Eucalyptus viminalis</i>	Australia
17	Eucalipto silver dollar	<i>Eucalyptus polyanthemus</i>	Australia
18	Fresno	<i>Fraxinus excelsior</i>	México
19	Fresno	<i>Fraxinus uhdei</i>	México
20	Jacaranda	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Brasil
21	Laurel del Poeta	<i>Laurus nobilis</i>	Región mediterránea.
22	Limonero	<i>Citrus lemon</i>	China y Japón
23	Magnolia	<i>Magnolia grandiflora</i>	Sur de EUA.
24	Mora	<i>Morus nigra</i>	China.
25	Naranja dulce	<i>Citrus sinensis</i>	China y sur de Vietnam
26	Níspero	<i>Eriobotrya deflexa</i>	Japón
27	Níspero de Japón	<i>Eriobotrya japonica</i>	Japón
28	Olivo	<i>Olea europea</i>	Asia menor, Grecia.
29	Olmo chino	<i>Ulmus pumila</i>	Este de Siberia y China.
30	Orquídea blanca	<i>Bauhinia forticata</i>	América del sur, Brasil.
31	Orquídea morada	<i>Bauhinia variegata</i>	India y China.
32	Pino de alepo, Pino	<i>Pinus halepensis</i>	Región mediterránea.

33	Pino de seda	<i>Grevillea robusta</i>	Australia.
34	Pino salado	<i>Tamarix aphylla</i>	Norte de África, este de
35	Pirul peruano	<i>Shinus molle</i>	Perú.
36	Sauzgatillo agnocasto	<i>Vitex agnus-castus</i>	Sur de Europa y EUA.
37	Sauce llorón	<i>Salix babylonica</i>	Sur de Europa.
38	Tabachín (Red bird of	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	India.
39	Trueno	<i>Ligustrum lucidum</i>	China y Corea.
40	Yucateco, Laurel de la	<i>Ficus microcarpa</i>	Malasia.
<b>Arbustos</b>			
41	Abelia, glossy abelia	<i>Abelia grandiflora</i>	China
42	Boj japonés	<i>Boxus microphyla japonica</i>	Japón
43	Brocha, cepillo	<i>Callistemon citrinus</i>	Australia
44	Brocha, cepillo llorón	<i>Callistemon viminalis</i>	Australia
45	Carisa, caricia	<i>Carissa grandiflora</i>	Sudáfrica
46	Chamizo cenizo	<i>Atriplex canescens</i>	Sur de EUA y norte de México
47	Colorín	<i>Sophora secundiflora</i>	Texas, Nuevo México, y norte
48	Cotoneaster	<i>Cotoneaster glaucophyllus</i>	Europa y Asia
49	Cotoneaster	<i>Cotoneaster lacteus</i>	China
50	Cotoneaster	<i>Cotoneaster pannosus</i>	China
51	Eleagno	<i>Eleagnus ebbingei</i>	Holanda
52	Eleagno	<i>Eleagnus pungens</i>	Japón
53	Evónimo	<i>Euonymus japonica</i>	Japón.
54	Evónimo, hiedra	<i>Euonymus fortunei</i>	Japón y Corea del Sur.
55	Gardenia	<i>Gardenia jasminoides</i>	China.
56	Granadina, guayabillo	<i>Dodonea viscosa</i>	Arizona y Sudamérica
57	Granado	<i>Punica granatum</i>	Regiones del Mediterráneo
58	Guayabo	<i>Feijoa sellowiana</i>	Sudamérica y Brasil
59	Hipericón	<i>Hypericum calycinum</i>	Asia menor y Grecia.
60	Huele de noche	<i>Cestrum nocturnum</i>	India
61	Jazmín	<i>Jasminum mesnyi</i>	Persia y China.
62	Junípero cedro	<i>Juniperus chinensis</i>	Europa y EUA.
63	Junípero cedro	<i>Juniperus chinensis torulosa</i>	Europa y EUA.
64	Lantana jorinquillo	<i>Lantana montevidensis</i>	Sudamérica y EUA.
65	Lantana, cofiturio	<i>Lantana cámara</i>	Brasil
66	Madreselva	<i>Lonicera japonica</i>	Regiones del Mediterráneo y
67	Matorral de las mariposas	<i>Buddleia davidii (Buddleja)</i>	China.
68	Mirto, arrayan	<i>Myrtus communis</i>	Regiones del mediterráneo.
69	Obelisco	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	China.
70	Pan del cielo, azar de la	<i>Pittosporum tobira</i>	China y Japón.
71	Pimiento del Brasil, pirul	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Brasil, Centro América.
72	Pinillo salado	<i>Tamarix chinensis</i>	Norte de África y este de
73	Piracanta, arbusto de	<i>Pyracanta coccínea</i>	Europa meridional y Asia
74	Romero	<i>Rosamarinus officinalis</i>	Regiones mediterráneas.

75	Rosal	<i>Rosa sp.</i>	Regiones mediterráneas.
76	Rosa laurel	<i>Nerium oleander</i>	Regiones mediterráneas, Asia
77	Taray	<i>Eriogonum fasciculatum</i>	Sur de EUA y norte de
78	Trueno, ramo de novia	<i>Ligustrum japonicum</i>	Japón y Corea.
79	Tuya, enebro	<i>Platycladus orientalis</i>	China y Corea.
80	Yuca	<i>Yucca gloriosa</i>	Sur de EUA y norte de
<b>Cubrepisos</b>			
81	Hiedra	<i>Hedera canariensis</i>	África e Islas Canarias.
82	Hiedra	<i>Hedera hélix</i>	Cuenca del Mediterráneo,
83	Novias del sol	<i>Gazania rigens</i>	Sudáfrica.
84	Olivilla blanca	<i>Teucrium Chimaedrys</i>	Europa y suroeste de Asia.
85	Pasto bermuda	<i>Cynodon dactylon</i>	Tropical.
86	Pasto san Agustín	<i>Stenotaphrum</i>	Costa de EUA.
<b>Enredaderas</b>			
87	Bejuco, enredadera de trompeta violeta	<i>Clytostoma callistegioides</i>	Brasil y Argentina.
88	Buganvilia	<i>Bougainvillea sp.</i>	Brasil
89	Copa de oro	<i>Campis radicans (Campisis radicans)</i>	Este de EUA
90	Glicina	<i>Wisteria floribunda</i>	China y Japón.
91	San miguelito	<i>Antigonon leptopus</i>	México
<b>Palmas</b>			
92	Palma abanico mexicana	<i>Washingtonia robusta</i>	México.
93	Palma datilera	<i>Phoenix dactylifera</i>	Norte de África, canarias y
94	Palma real, palma de agua	<i>Sabal mexicana</i>	Norte y Sudamérica.
95	Palmera Phoenix, palmera	<i>Phoenix canariensis</i>	Islas Canarias.
<b>Perenes</b>			
96	Bambú	<i>Bambusa sp.</i>	Asia
97	Carrizo	<i>Arundo donax</i>	Regiones del Mediterráneo
98	Cola de zorro, hierba de	<i>Cortaderia selloana</i>	Sudamérica, Argentina, Brasil
99	Teresita	<i>Vinca mayor</i>	Regiones mediterráneas.
<b>Suculentas</b>			
100	Deditos, diente de león,	<i>Carpobrotus edulis</i>	Sudáfrica
<b>Plantas nativas</b>			
No.	Nombre común	Nombre científico	País/región
<b>Árboles</b>			
101	Mezquite tornillo	<i>Prosopis pubescens</i>	Baja california, México.
102	Palo humo	<i>Dalea spinosa</i>	Sur de EUA y baja california.
<b>Arbustos</b>			
103	Chamizo	<i>Atriplex lentiformis</i>	Sur de EUA y norte de México
104	Gobernadora	<i>Larrea tridentata</i>	Suroeste de EUA y norte de
105	Salvia del desierto, menta	<i>Hyptis emoryi</i>	Baja california, México.
106	Yerba reuma	<i>Frankenia palmeri</i>	Desiertos de Baja California,

107	Yuca, dátil	<i>Yucca schidigera</i>	<i>Desiertos de Baja California,</i>
<b>Palmas</b>			
108	Palma de abanico	<i>Washingtonia filiera</i>	<i>Sureste de EUA y norte de</i>
<b>Suculentas</b>			
109	Maguey	<i>Agave deserta</i>	<i>Desiertos arenosos de Baja</i>

**Fuente:** Elaboración partir de Rzedowski (1978), Chong (1989), Peña (1998), Venegas (1991), Zamudio (2011), Perry (2011), (XVII Ayuntamiento de Mexicali, 2005).

Cabe destacar que plantas encontradas (109) se destacan dos funciones purificación de la atmosfera y control de la erosión del suelo; de las cuales 61 plantas cumplen con la función de purificar el aire de la atmosfera (Tabla 5), y de estas 8 son nativas de la región según los autores Chong (1989), Peña (1998) y Zamudio (2011), (*Dalea spinosa*, *Atriplex canescens*, *Larrea tridentata*, *Hyptis emoryi*, *Frankenia palmeri*, *Yucca schidigera*, *Agave deserti*, *Washingtonia filipera*); y son 22 plantas en las que predomina la función de control de la erosión; en donde 2 son nativas de la región (*Dalea spinosa* y *Washingtonia filipera*) (Tabla 6).

**Tabla 5.** Plantas que tienen la función de purificación de la atmosfera.

<b>Plantas con la función de purificación de la atmosfera</b>		
<b>Plantas introducidas</b>		
<b>Árboles</b>		
No.	Nombre común	Nombre científico
1	Acacia	<i>Robinia pseudoacacia</i>
2	Acacia	<i>Acacia abyssinica</i>
3	Álamo	<i>Populus fremonti</i>
4	Álamo blanco	<i>Populus alba</i>
5	Árbol de los cielos	<i>Ailantus altissima</i>
6	Benjamina	<i>Ficus benjamina</i>
7	Casuarina, pino austriaco	<i>Casuarina cunninghamiana</i>
8	Ciprés de Arizona	<i>Cupressus arizonica</i>
9	Eucalipto	<i>Eucalyptus citriodora</i>
10	Eucalipto	<i>Eucalyptus viminalis</i>
11	Laurel del Poeta	<i>Laurus nobilis</i>
12	Limonero	<i>Citrus lemon</i>
13	Magnolia	<i>Magnolia grandiflora</i>
14	Mora	<i>Morus nigra</i>
15	Naranja dulce	<i>Citrus sinensis</i>
16	Níspero	<i>Eriobotrya deflexa</i>
17	Níspero de Japón	<i>Eriobotrya japonica</i>

18	Olmo chino	<i>Ulmus pumila</i>
19	Pino de Alepo, Pino monterrey	<i>Pinus halepensis</i>
20	Sauzgatillo agnocasto	<i>Vitex agnus-castus</i>
21	Sauce llorón	<i>Salix babylonica</i>
22	Tabachín (Red bird of paradise)	<i>Cisalpina pulcherrima</i>
<b>Arbustos</b>		
23	Abelia, glossy abelia	<i>Abelia grandiflora</i>
24	Boj japonés	<i>Boxus microphyla japonica</i>
25	Brocha, cepillo	<i>Calliostemon citrinus</i>
26	Brocha, cepillo llorón	<i>Calliostemon viminalis</i>
27	Carisa, caricia	<i>Carissa grandiflora</i>
28	Chamizo cenizo	<i>Atriplex canescens</i>
29	Colorín	<i>Sophora secundiflora</i>
30	Cotoneaster	<i>Cotoneaster glaucophyllus</i>
31	Eleagno	<i>Eleagnus ebbingei</i>
32	Eleagno	<i>Eleagnus pungens</i>
33	Evónimo	<i>Euonymus japonica</i>
34	Gardenia	<i>Gardenia jasminoides</i>
35	Granadina, guayabillo	<i>Dodonea viscosa</i>
36	Granado	<i>Punica granatum</i>
37	Guayabo	<i>Feijoa sellowiana</i>
38	Jazmín	<i>Jasminum mesnyi</i>
39	Matorral de las mariposas	<i>Buddleia davidii (Buddleja davidii)</i>
40	Obelisco	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>
41	Piracanta, arbusto de fuego	<i>Pyracanta coccinea</i>
42	Rosal	<i>Rosa sp.</i>
43	Rosa laurel	<i>Nerium oleander</i>
44	Taray	<i>Eriogonum fasciculatum</i>
45	Yuca	<i>Yucca gloriosa</i>
<b>Cubrepisos</b>		
46	Hiedra	<i>Hedera canariensis</i>
47	Hiedra	<i>Hedera helix</i>
48	Olivilla blanca	<i>Teucrium Chimaedrys</i>
<b>Enredaderas</b>		
49	Buganvilia	<i>Bougainvillea sp.</i>
50	Copa de oro	<i>Campis radicans (Campisis radicans)</i>
51	Glicina	<i>Wisteria floribunda</i>
52	San miguelito	<i>Antigonon leptopus</i>
<b>Palmas</b>		
53	Palma real, palma de agua	<i>Sabal mexicana</i>
<b>Plantas nativas</b>		
<b>Árboles</b>		
54	Palo humo	<i>Dalea spinosa</i>

Arbustos		
55	Chamizo cenizo	<i>Atriplex canescens</i>
56	Gobernadora	<i>Larrea tridentata</i>
57	Salvia del desierto, menta	<i>Hyptis emoryi</i>
58	Yerba reuma	<i>Frankenia palmeri</i>
59	Yuca, dátil	<i>Yucca schidigera</i>
Palmas		
60	Palma de abanico	<i>Washingtonia filipera</i>
Suculentas		
61	Maguey	<i>Agave deserti</i>

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Rzedowski (1978), Chong (1989), Peña (1998), Venegas (1991), Zamudio (2011), Perry (2011), (XVII Ayuntamiento de Mexicali, 2005).

**Tabla 6.** Plantas que tienen la función de control de la erosión del suelo.

Plantas con la función de control de la erosión del suelo		
Plantas introducidas		
Árboles		
No.	Nombre común	Nombre científico
1	Olivo	<i>Olea europea</i>
2	Orquídea blanca	<i>Bauhinia forticata</i>
3	Orquídea morada	<i>Bauhinia variegata</i>
4	Pirul peruano	<i>Shinus molle</i>
Arbustos		
6	Junípero cedro	<i>Juniperus chinensis</i>
7	Junípero cedro	<i>Juniperus chinensis torulosa</i>
8	Lantana jorinquillo	<i>Lantana montevidensis</i>
9	Lantana, cofiturio	<i>Lantana camara</i>
10	Madreselva	<i>Lonicera japonica</i>
11	Mirto, arrayan	<i>Myrtus communis</i>
Cubrepisos		
12	Pasto bermuda	<i>Cynodon dactylon</i>
13	Pasto san Agustín	<i>Stenotaphrum</i>
Enredaderas		
14	Bejuco, enredadera de trompeta violeta	<i>Clytostoma callistegioides</i>
Palmas		
15	Palma datilera	<i>Phoenix dactylifera</i>
16	Palmera phoenix, palmera canarias	<i>Phoenix canariensis</i>
Perenes		
18	Bambú	<i>Bambusa sp.</i>
19	Carrizo	<i>Arundo donax</i>

20	Cola de zorro, hierba de las pampas	<i>Cortaderia selloana</i>
21	Teresita	<i>Vinca mayor</i>
<b>Suculentas</b>		
22	Deditos, diente de león, dedo de moro	<i>Carpobrotus edulis</i>
<b>Plantas nativas</b>		
<b>Árboles</b>		
5	Mezquite tornillo	<i>Prosopis pubescens</i>
<b>Palmas</b>		
17	Palma de abanico	<i>Washingtonia filipera</i>

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Rzedowski (1978), Chong (1989), Peña (1998), Venegas (1991), Zamudio (2011), Perry (2011), (XVII Ayuntamiento de Mexicali, 2005).

Así mismo, de las 109 plantas (Tabla 7), solo 28 cuentan con las dos funciones de purificación de la atmosfera y control de la erosión del suelo; donde 24 plantas se han encontrado en Mexicali y solo una de ellas es nativa de la región. Así mismo solo 20 plantas en esta sección tienen un consumo de agua regular, escasa o nula.

**Tabla 7.** Clasificación de plantas que tienen doble función de descontaminación de la atmosfera y control de la erosión.

<b>Plantas con doble función: purificación de la atmosfera y control de la erosión</b>		
<b>Encontrados en Mexicali</b>		
<b>Plantas introducidas</b>		
<b>Agua regular-escasa-nula</b>		
<b>Árboles</b>		
<b>No.</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>
1	Algarrobo	<i>Ceratonia siliqua</i>
2	Casuarina	<i>Casuarina stricta</i>
3	Casuarina cola de caballo, casuarina llorona	<i>Casuarina esquisetifolia</i>
4	Ciprés italiano	<i>Cupressus sempervirens</i>
5	Eucalipto	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
6	Eucalipto	<i>Eucalyptus cinerea</i>
7	Eucalipto silver dollar	<i>Eucalyptus polyanthemos</i>
8	Fresno	<i>Fraxinus excelsior</i>
9	Jacaranda	<i>Jacaranda mimosifolia</i>
10	Pino salado	<i>Tamarix aphylla</i>
11	Trueno	<i>Ligustrum lucidum</i>
<b>Arbustos</b>		
12	Huele de noche	<i>Cestrum nocturnum</i>
13	Pimiento del Brasil, pirul brasileño	<i>Schinus terebinthifolius</i>
14	Pinillo salado	<i>Tamarix chinensis</i>

15	Romero	<i>Rosmarinus officinalis</i>
16	Trueno, ramo de novia	<i>Ligustrum japonicum</i>
17	Tuya, enebro	<i>Platycladus orientalis</i>
<b>Cubrepisos</b>		
18	Novias del sol	<i>Gazania rigens</i>
<b>Palmas</b>		
19	Palma abanico mexicana	<i>Washingtonia robusta</i>
<b>Plantas nativas</b>		
<b>Palmas</b>		
20	Palma de abanico	<i>Washingtonia filipera</i>
<b>Plantas introducidas</b>		
<b>Agua abundante</b>		
<b>Árboles</b>		
21	Fresno	<i>Fraxinus uhdei</i>
22	Pino de seda	<i>Grevillea robusta</i>
23	Yucateco, Laurel de la India	<i>Ficus microcarpa</i>
<b>Arbustos</b>		
24	Pan del cielo, azar de la India	<i>Pittosporum tobira</i>
<b>NO encontrados en Mexicali</b>		
<b>Plantas introducidas</b>		
<b>Agua regular-escasa-nula</b>		
<b>Arbustos</b>		
25	Cotoneaster	<i>Cotoneaster lacteus</i>
26	Cotoneaster	<i>Cotoneaster pannosus</i>
27	Evónimo, hiedra	<i>Euonymus fortunei</i>
<b>Agua abundante</b>		
<b>Arbustos</b>		
28	Hipericón	<i>Hypericum calycinum</i>

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Rzedowski (1978), Chong (1989), Peña (1998), Venegas (1991), Zamudio (2011), Perry (2011), (XVII Ayuntamiento de Mexicali, 2005).

## 5.2 Resultados del uso de suelo del sitio.

Los resultados de análisis de uso de suelo del sitio están apegados a la segunda fase de la propuesta metodológica, que corresponde a una parte del objetivo número tres de esta investigación:

Identificar usos y funciones existentes de los espacios recreativos y deportivos en el PAHB.

### a) Características físicas del sitio y su uso de suelo.

El polideportivo está emplazado en la calzada capitán Juan Bautista de Anza y bulevar Continente Europeo, en la colonia Santo Niño (dentro de la zona denominada Los Santorales). Cuenta con una orientación norte-sur, y tiene un área aproximada de 150,194.65 de metros cuadrados; donde su lado Norte mide 394.53 metros, lado Sur 403.50 metros, lado Este 384.54 m y lado Oeste 326.19 metros.

El PAHB cuenta con dos estacionamientos, uno orientado al norte con 164 cajones para automóviles con 4,869.75 m<sup>2</sup> y el segundo, está orientado al oeste con 220 cajones con un área de 9,490.50. Tiene además un salón de usos múltiples (Figura 8) de 1,024 m<sup>2</sup>, en donde se imparten clases, cuenta con regaderas, baños, área de pesas, ring de box y área administrativa. Cabe mencionar que es el edificio que más resalta dentro del sitio (Figura 7).



**Figura 5.** Emplazamiento del PAHB.

**Fuente:** Obtenido de Google Earth Pro versión 7.1.7.2606 (2017).



**Figura 6.** Salón de usos múltiples del PAHB.  
**Fuente:** Propia. Tomada en el sitio.

Cuenta con diferentes tipos de canchas, para diferentes tipos de deportes; cancha de softbol, cancha grande y chica de béisbol, canchas de baloncesto que se pueden convertir en canchas de voleibol, diferentes tipos de canchas de futbol: futbol rápido y cancha de futbol americano convertible a futbol; todas estas con pasto sintético (Figura 9). Cuenta con gradas para cada cancha para visitantes, encaminamientos y circuito para caminar o trotar.



**Figura 7.** Canchas de futbol en el PAHB.

**Fuente:** Propia. Tomada en el sitio.



**Figura 8.** Canchas de fútbol rápido en el PAHB.  
**Fuente:** Propia. Tomadas en el sitio.

El PAHB, a pesar de ser un centro deportivo y contar con áreas dedicadas a su función deportiva, su instalación cuenta con áreas dedicadas a la recreación de las personas como palapas (Figura 9), área de juegos infantiles (Figura 10) y cafetería con baños al público (Figura 11). Dentro del sitio también se encuentran áreas de servicios, como baños, área destinada al bombeo de agua y un almacén.



**Figura 9.** Tipo de palapa usada en sitio y área de juegos infantiles.  
**Fuente:** Propia. Tomada en sitio.



**Figura 10.** Tipo de palapa usada en sitio y área de juegos infantiles.  
**Fuente:** Propia. Tomada en el sitio.



**Figura 11.** Cafetería del PAHB.  
**Fuente:** Propia. Tomada en el sitio.

Las áreas del PAHB son variadas en cuanto a sus dimensiones (Tabla 8), las canchas y gradas tienen un mayor porcentaje de área, seguido de las áreas destinadas para estacionamiento. Después, están las áreas de encaminamientos peatonales y circuito, seguido de las áreas de recreación, al final la sala de usos múltiples y las áreas de servicio.

**Tabla 8.** Áreas y porcentajes del PAHB.

<b>POLIDEPORTIVO DE LA CIUDAD DE MEXICALI "AUGUSTO HERNÁNDES BERMUDEZ"</b>					
<b>Área y porcentajes</b>					
<b>Elemento</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cant</b>	<b>Medida</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
<b>Área Polideportivo</b>	<b>m2</b>	<b>1</b>		<b>150,194.65</b>	
<b>Estacionamientos</b>					
Estacionamiento norte (164)	m2	1	4,869.75	4,869.75	3.24
Estacionamiento Oeste (220)	m2	1	9,490.50	9,490.50	6.32
<b>Total área de estacionamientos</b>				<b>14,360.25</b>	<b>9.56</b>
<b>Salón múltiples</b>					
Salón de usos múltiples (Adm., baños, regaderas, ring de box, área de aparatos y	m2	1	1,024.00	1,024.00	0.68
<b>Total área de salón usos múltiples</b>				<b>1,024.00</b>	<b>0.68</b>
<b>Canchas y gradas</b>					
Cancha de softbol	m2	1	1,777.75	1,777.75	1.18
Cancha chica de béisbol	m2	1	4,712.87	4,712.87	3.14
Cancha grande de béisbol	m2	1	8,656.62	8,656.62	
Canchas de basquetbol/voleibol	m2	1	2,251.62	2,251.62	1.50
Canchas de futbol	m2	2	2,986.00	5,972.00	3.98
Canchas de futbol rápido	m2	3	1,256.00	3,768.00	2.51
Cancha de futbol americano	m2	1	8,791.00	8,791.00	5.85
Gradas p/cancha de béisbol	m2	4	65.00	260.00	0.17
Gradas pequeñas p/cancha de futbol	m2	10	53.12	531.20	0.35
<b>Total área de canchas y gradas</b>				<b>36,721.06</b>	<b>24.45</b>
<b>Áreas de circuito y encaminamientos</b>					
Área de encaminamientos y circuito	m2	1	12,675.14	12,675.14	8.44
<b>Total área de circuito y encaminamiento</b>				<b>12,675.14</b>	<b>8.44</b>
<b>Áreas de servicios</b>					
Zona de baños	m2	1	62.25	62.25	0.04
Bomba de agua en C-C3	m2	1	22.75	22.75	0.02

Almacén C-A1	m2	1	33.00	33.00	0.02
<b>Total de área de servicios</b>			<b>118.00</b>		<b>0.08</b>
<b>Áreas de recreación</b>					
Área cafetería construido	m2	1	1,346.11	1,346.11	0.90
Área cafetería sin construir	m2	1	1,940.89	1,940.89	1.29
Área cafetería total	m2	1	3,287.00	3,287.00	2.19
Palapas c/u 47.75 m2 (6)	m2	6	47.75	286.50	0.19
áreas de juegos infantiles	m2	1	522.00	522.00	0.35
<b>Total área de recreación</b>			<b>4,095.50</b>		<b>2.73</b>
<b>Áreas de plantas</b>					
Área arboles	m2	1	1,954.19	1,954.19	1.30
Área arbustos	m2	1	502.87	502.87	0.33
Área palmas	m2	1	21.25	21.25	0.01
Área pasto	m2	1	2,363.70	2,363.70	1.57
<b>Total de área con cubierta vegetal</b>			<b>4,842.01</b>		<b>3.22</b>
<b>Total construido y porcentaje</b>				<b>67,053.06</b>	<b>44.64</b>
<b>Área disponible</b>				<b>78,299.58</b>	<b>52.13</b>

**Fuente:** Propia en base a medidas tomadas a través de fotografía satelital.

#### **A) Análisis de la normativa, planes y reglamentos manejados en las áreas recreativas y deportivas de la ciudad de Mexicali.**

Este sub apartado está propuesto para el análisis de la normativa, planes y reglamentos que se manejan directamente con las áreas verdes de los tipos deportivas y recreativas en la ciudad de Mexicali.

##### **1) Sistema normativo de equipamiento urbano (Equipamiento recreativo y deportivo).**

Dentro del sistema normativo de la SEDESOL (1999) se encontraron las cédulas normativas dentro del subsistema de deporte, donde se indica los requerimientos para cada

tipo de elemento; en el caso del PAHB le corresponde la de centro deportivo. La cédula está dividida en cuatro secciones:

*a) Localización y dotación regional y urbana.*

El PABH está tipificado como tipo A, refiriéndose a su nivel de servicio (regional 60 kilómetros a la redonda) para una población mayor a 50,000, para brindar servicio a una población potencial que va de los 11 a los 50 años de edad. Su unidad básica de servicio parte de los m<sup>2</sup> de cancha, con un turno de operación de 12 horas. Se recomienda 1 módulo por cada 451.212 personas atendidas.

*b) Ubicación urbana.*

La SEDESOL recomienda que se encuentre cerca de un uso de suelo habitacional, en un núcleo de localización especial, emplazado ya sea en una calle principal, vialidad regional o avenida secundaria.

*c) Selección del predio.*

Las características físicas que establece la SEDESOL (1999) subraya que debe de tener 383 m<sup>2</sup> construidos por módulo tipo y 44,833 m<sup>2</sup> de terreno por módulo tipo y una proporción de predio de 1:1 a 1:2. Un frente mínimo de 150m y un frente recomendable.

Se requiere que cuente con una infraestructura y servicios de agua potable, alcantarillado y/o drenaje, energía eléctrica, alumbrado público, teléfono, pavimentación y transporte público.

*d) Programa arquitectónico general.*

Dentro del programa arquitectónico, al PAHB , como ya se mencionó anteriormente, le corresponde el módulo tipo A de 37,601m<sup>2</sup>, en el cual se debe de contar con los siguientes componentes arquitectónicos: acceso principal, administración, servicios, cancha de usos múltiples, cancha de futbol, cancha de béisbol, pista de atletismo, frontón, cancha de tenis, gimnasio al aire libre, áreas verdes y estacionamiento (aunque estén destinadas las canchas a un tipo u otro tipo de deporte, estas se pueden adecuar en función a las preferencias de la

población). Así mismo se indica que la superficie del terreno para el modelo tipo A en Centros Deportivos debe ser de 44,833.00 m<sup>2</sup>.

## **2) Plan de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali 2025 (2007).**

Dentro de esta revisión se encontró el apartado de Equipamiento, basados en la información censal del INEGI y datos proporcionados por dependencias de gobierno. En se encuentran los subsistemas de recreación y deporte, mencionando lo siguiente:

### *Recreación:*

Este subsistema presenta déficit principalmente en los elementos de Parque Urbano y Parque de Barrio, seguido de déficit en Jardín Vecinal, Plaza Cívica, Juegos Infantiles y Espectáculos Deportivos (p.41).

El IMDECUF cuenta con 19 espacios para juegos infantiles dentro de sus instalaciones deportivas y Centros de Desarrollo Humano Integral (CDHI), el parque arcoíris, existen 32 salas de cine en la ciudad, la plaza de toros Calafia, áreas de espectáculos en el parque Vicente Guerrero y en el Centro de Ferias y Exposiciones (FEX) y el Centro de Espectáculos Promocasa (hoy Palenque del FEX) (p.41).

### *Deporte:*

El IMDECUF, INDE, Patronato de Juventud 2000, Patronato CDHI Centenario, Ligas, Asociaciones y Negocios Particulares son los encargados de estos tipos de elementos. El IMDECUF cuenta con un Centro Recreativo Municipal, 19 unidades deportivas, 9 albercas, 9 gimnasios, 1 salón deportivo y es la encargada del mantenimiento de las áreas deportivas de 8 de los 11 CDHI existentes en la ciudad de Mexicali (p.41).

El CDHI cuenta con 3.54 has. de instalaciones deportivas, el INDE cuenta con la Ciudad Deportiva donde próximamente se construirá un gimnasio de Box y Artes Marciales, así como el Edificio de Medicina Deportiva (este elemento representará un superávit en este tipo de equipamiento). El Patronato de Juventud 2000 cubre la demanda para centros deportivos en la ciudad (2007). La iniciativa privada también participa en este tipo de elementos con 4 clubes deportivos como el Club Campestre, Casino de Mexicali,

Club Britania y Club Bancali, todos estos cuentan con un gran número de gimnasios y salones deportivos (p.41).

Se menciona en el PDUCP 2025 un incremento de áreas verdes en 5 grandes zonas como parques urbanos (p. 91):

- 1) Por la calzada Héctor Terán Terán hacia el sur hasta el Libramiento Cuernavaca-La Rosita, donde se alojan las Lagunas Xochimilco, México y Campestre se propone la creación de un Parque Ecológico o un área natural protegida.
- 2) Otra zona al este: la Colonia Calles, o “Las Dunas”, con valor natural y paisajístico, estará sujeta a regeneración y se impulsarán actividades recreativas, deportivas, educativas, de salud y culturales, mediante la creación del Proyecto “Parque Oriente”.
- 3) La tercera se localiza al noreste colindando con el área urbana, donde las aguas del canal “El Álamo”, forman un complejo lagunar, una zona de humedales refugio de fauna acuática, y da inicio al “Río Álamo” que cruza el límite internacional hasta el “Salton Sea”.
- 4) La cuarta zona se localiza junto al área de amortiguamiento de las lagunas de oxidación de la colonia Zaragoza al poniente de la ciudad, que paulatinamente irán transformándose en la medida en que se faciliten los procesos de manejo de aguas residuales.
- 5) Una quinta zona está constituida por la antigua PTAR “González Ortega” cuya superficie será reutilizada para la constitución de un parque urbano.

### **3) Reglamento de áreas verdes del municipio de Mexicali (2005).**

Este reglamento corresponde a la Dirección de servicios Públicos Municipales, al Departamento de Áreas Verdes y Jardines, a la Dirección de Ecología Municipal y al Presidente Municipal.

En el artículo 4 se describen las acciones que le corresponde a la Dirección de servicios públicos a través del departamento de áreas verdes, en donde se indica que es su deber promover la construcción de áreas verdes apoyado por organismos públicos, privados y no gubernamentales. Le corresponde arborizar y la ornamentación por medio de flores, plantas

y césped en las áreas verdes ya existentes, procurando su conservación y mantenimiento de la vegetación en las áreas ya existentes. También le corresponde la operación de los viveros municipales y su producción de plantas, instalación de sistemas de riego, y promoción de acciones que inciten al ahorro y optimización en el uso del agua.

Se especifica que en áreas verdes mayores a 2,500 m<sup>2</sup>, además de del uso como zona verde, se admiten los espacios deportivos, sociales y de estacionamientos de automóviles con las siguientes restricciones: a) que la ocupación del suelo por todos ellos no será superior al 20% de la extensión del área verde, y b) en el caso de las instalaciones deportivas el porcentaje de ocupación podrá llegar al 40% (Art. 16).

Dentro del reglamento de áreas verdes se especifica que la elección de las especies plantadas en las áreas verdes (que están a su cuidado) deben de ser la adecuada al clima de la ciudad, evitándose que por su inadaptación se produzca un sobre costo en la conservación de las mismas (Art. 8); para este caso, es el mismo municipio el que proporciona las plantas para sus áreas verdes, Además es su obligación forestar y reforzar las áreas verdes existentes, promover protección, preservación y conservación de las mismas, de igual manera promover la participación de la sociedad y la cultura forestal. El Departamento de Áreas verdes debe de tener a su cargo el cuidado, conservación, restauración y mejoramiento de las áreas verdes que se encuentren a cargo del Ayuntamiento (Art. 5), como es el caso del PAHB.

Dentro del tema de forestación, la Dirección de Ecología es la encargada de coordinar todas las participaciones correspondientes al tema de forestación, impulso de planes, programas, acciones, y la creación de viveros necesarios para que se lleve a cabo la reforestación de las áreas verdes y en caso de no ser suficiente, se podrá promover la participación de organismos públicos o no gubernamentales (Art. 32 al Art. 35).

Dentro del tema de las plantas los artículos 39 y 40, mencionan claramente que las plantas deben de ser las apropiadas para la ciudad. Algunas de ellas se encuentran en la guía de forestación para el municipio de Mexicali. Queda prohibida la introducción de especies exóticas, ya que pueden ser portadoras de plagas o enfermedades para la flora existente en el municipio.

Se indica que la creación de áreas verdes dentro del municipio, excluyendo las de fraccionamientos y edificaciones comerciales y de servicios deben de ser diseñadas por el departamento en coordinación con la Dirección de Ecología, quienes podrán dar en concurso la obra de conformidad con los lineamientos municipales (Art. 22).

Es obligación de los usuarios el informar al departamento, dirección de ecología o autoridad cualquier anomalía en las áreas verdes, relacionado con el uso cuidado, mantenimiento y conservación de las áreas verdes (Art. 25). Así como en el artículo 28, en el que se señala que está prohibido maltratar, cortar o destruir cualquier tipo de planta (césped, arbusto, árbol, etc.) dentro de las áreas verdes. Además, es tema de sanción quien dañe también cualquier instalación, estructura, construcción y mobiliario urbano dentro de las áreas verdes.

#### **4) Inventario del Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana de Mexicali (IMIP) (áreas recreativas y áreas deportivas).**

Dentro de la zona de estudio podemos encontrar distintas áreas verdes destinadas a la recreación y al deporte. En el área de “los Santorales” (donde se encuentra el PAHB) el IMIP, a través de las normas de equipamiento recreativo deportivo de la SEDESOL (1999) identifica trece jardines vecinales y dos parques de barrio (Figura 12), además de un equipamiento de seis módulos deportivos y un centro deportivo (el PAHB) (Figura 13).

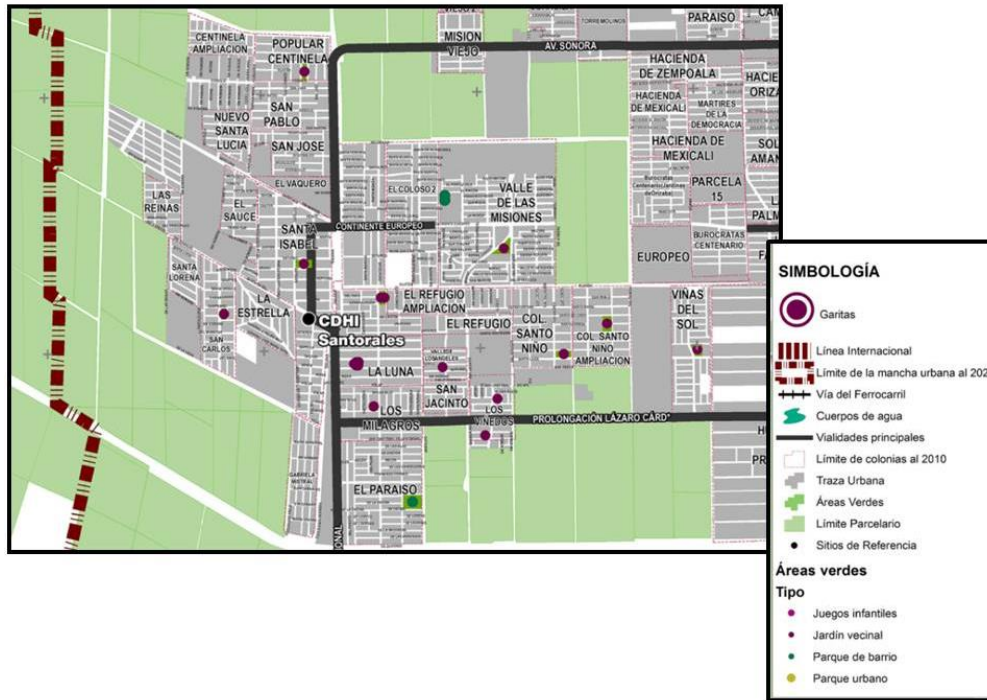


Figura 12. Ubicación de las áreas verdes recreativas.

Fuente: IMIP, 2010.

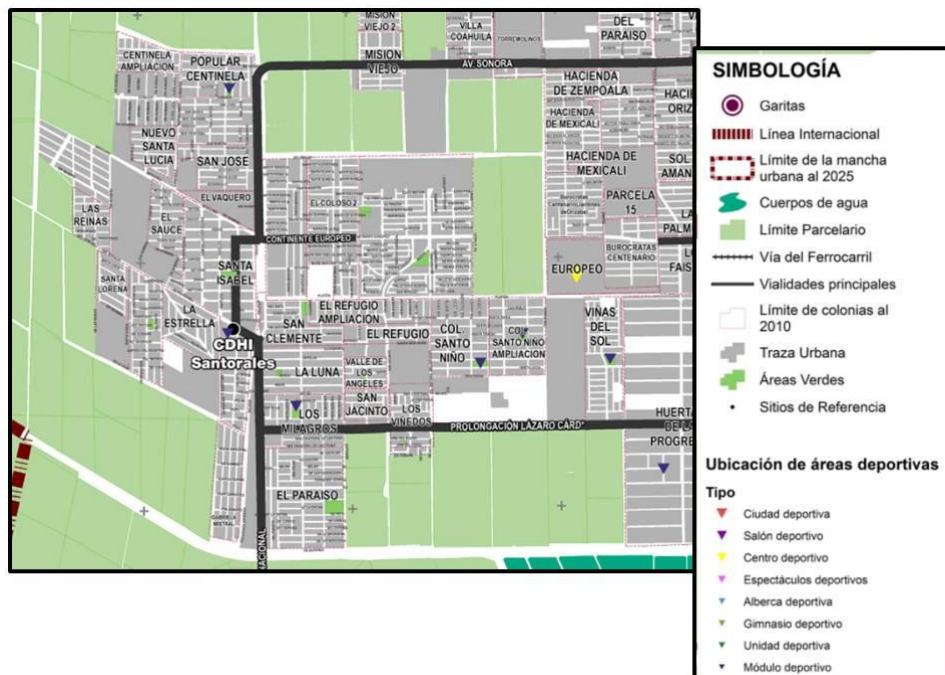


Figura 13. Ubicación de las áreas deportivas.

**Fuente:** IMIP, 2010.

### **5.3 Resultados del análisis de la vegetación en el sitio.**

Estos resultados están apegados la segunda parte del objetivo tres de esta investigación:

Identificar las plantas existentes de los espacios recreativos y deportivos en el PAHB.

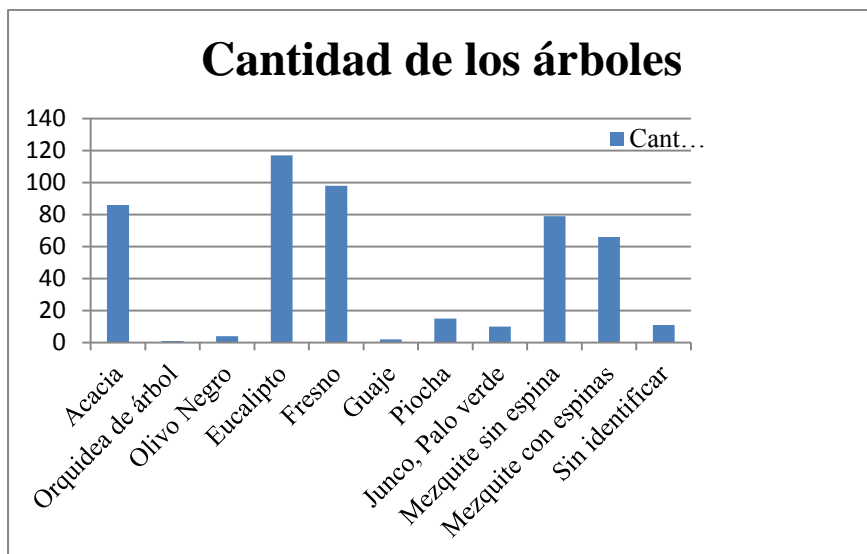
Para esta sección se necesitó acudir al sitio y solicitar permiso al administrador para poder llevar a cabo el inventario, con ayuda de dos cartas, la primera era presentación del proyecto de investigación; la segunda carta era dirigida a los empleados para tener acceso completo a las instalaciones para la realización del inventario.

A partir de la división de los nueve cuadrantes, y la recolección de los datos en sitio se encontró información que permite conocer las características de las plantas en el PAHB. Se encontraron un total de 681 plantas (ver Anexo 5, de la Figura 49 a la Figura 59), esto lo conforman 489 árboles de diferentes especies (*Acacia cyanophylla*, *Bauhinia variegata*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Fraxinus excelsior*, *Leucaena leucocephala*, *Parkinsonia aculeata*, *Prosopis juliflora var gladulosa*, *Prosopis chilensis sin espina*, *Bucida buceras*, *Melia azedarach*, y árboles sin identificar), 182 arbustos de diferentes especies (*Callistemon viminalis*, *Pyracantha coccínea*, *Nerium oleandear* y *Ruellia tuberosa*) un tipo de palma (*Washingtonia robusta*) y un tipo de pasto (*Cynodom dactylon*) (ver en anexo 5 Plantas encontradas en el PAHB, Figura 49 a la Figura 59) (Tabla 9). El inventario permite conocer el área que cubren las plantas en cada cuadrante y su cantidad exacta (Tabla 25 en Anexo 1), así como conocer su relación entre cantidad y metros cuadrados cubiertos por especie (Figura 14 para árboles y Figura 15 para arbustos). En resumen, se tiene un área cubierta por arboles total de 1,954.19m<sup>2</sup>, por arbustos 502.87m<sup>2</sup>, por palmas 21.25m<sup>2</sup> y por pasto 2,363.70 m<sup>2</sup>; en total se tiene un 4,842.01m<sup>2</sup> de cobertura vegetal, esta representa el 3.22% del área total del polideportivo (Tabla 10).

**Tabla 9.** Información de cantidad de plantas y especies encontradas en el polideportivo con las áreas totales que cubren.

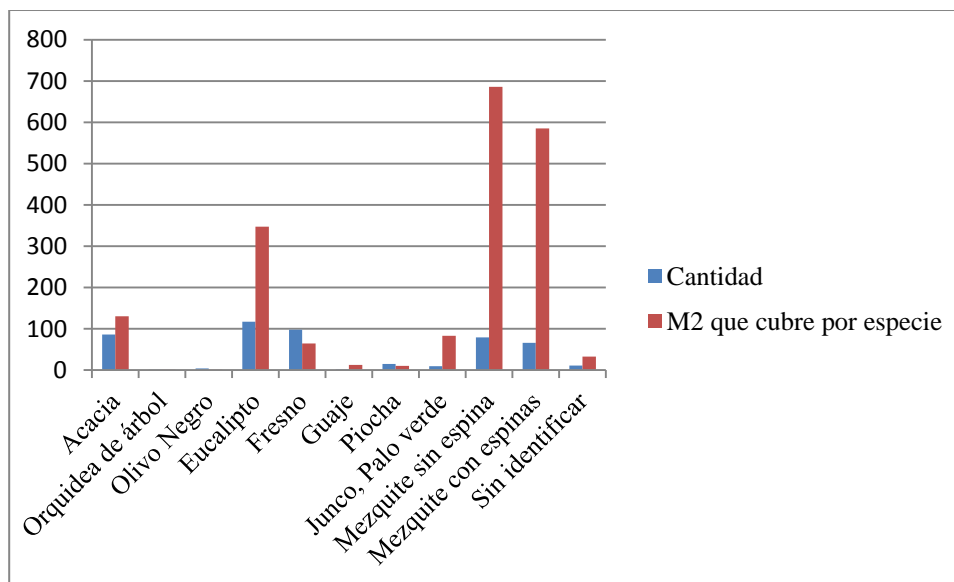
<b>POLIDEPORTIVO DE LA CIUDAD DE MEXICALI "AUGUSTO HERNÁNDES"</b>			
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Cantidad</b>	<b>M2 que cubre por especie</b>
<b>Árboles</b>			
Acacia	<i>Acacia cyanophylla</i>	86	130.24
Orquídea de árbol	<i>Bauhinia variegata</i>	1	0.28
Olivo Negro	<i>Bucida Buceras</i>	4	1.35
Eucalipto	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	117	347.30
Fresno	<i>Fraxinus excelsior</i>	98	64.79
Guaje	<i>Leucaena leucocephala</i>	2	12.95
Piocha	<i>Melia azedarach</i>	15	10.83
Junco, Palo verde	<i>Parkinsonia aculeata</i>	10	83.04
Mezquite sin espina	<i>prosopis chilensis sin espina</i>	79	685.41
Mezquite con espinas	<i>Prosopis juliflora var</i>	66	584.96
Sin identificar	<i>Sin identificar</i>	11	33.04
<b>Total árboles</b>		<b>489</b>	<b>1,954.19</b>
<b>Arbustos</b>			
Cepillo rojo	<i>Callistemon viminalis</i>	10	162.87
Laurel. Rosa laurel	<i>Nerium oleandear</i>	89	211.12
Tronadora	<i>Ruellia tuberosa</i>	14	7.32
Piracanta, arbusto de fuego	<i>Pyracantha coccinea</i>	69	121.57
<b>Total arbustos</b>		<b>182</b>	<b>502.87</b>
<b>Palmas</b>			
Palma Washingtonia	<i>Washigntonia robusta</i>	10	21.25
<b>Total Palmas</b>		<b>10</b>	<b>21.25</b>
<b>Pasto</b>			
Pasto	<i>Cynodom dactylon</i>		2,363.70
<b>Total pasto</b>			<b>2,363.70</b>

**Fuente:** Elaboración propia.



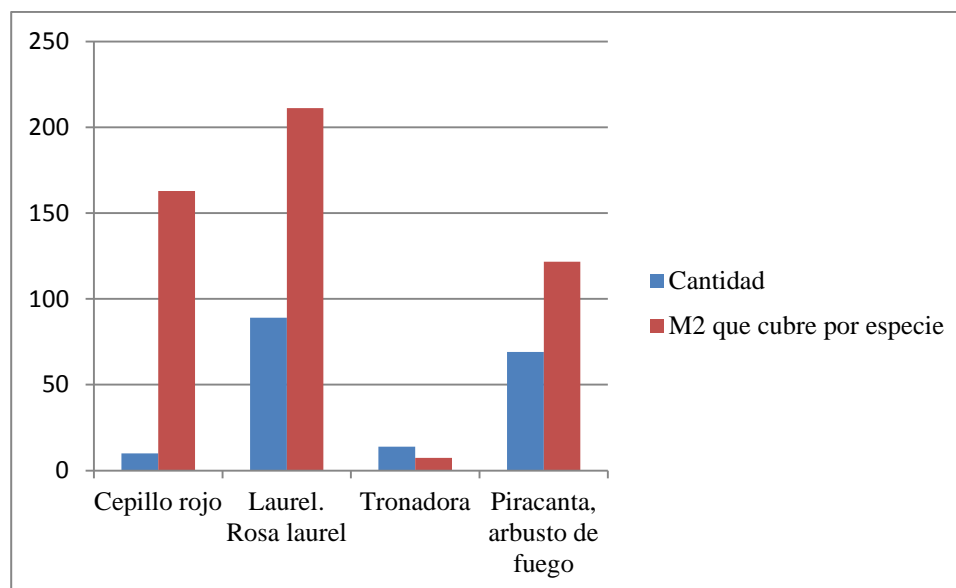
**Figura 14.** Cantidad de árboles en el PAHB.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de inventario.



**Figura 15.** Comparativo de cantidad contra área cubierta de árboles en el PABH.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de inventario.



**Figura 16.** Comparativo de cantidad contra área cubierta de arbustos en el PABH.  
**Fuente** Elaboración propia a partir de inventario.

**Tabla 10.** Resumen de plantas de cobertura vegetal, cantidades y porcentajes.

RESUMEN DE ÁREAS CUBIERTA POR PLANTAS		% de área cubierta vegetal en el PABH
Área arboles	1,954.19	1.30
Área arbustos	502.87	0.33
Área palmas	21.25	0.01
Área pasto	2,363.70	1.57
<b>Totales</b>	<b>4,842.01</b>	<b>3.22</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

El inventario permitió conocer las alturas de las distintas plantas. Como resultado en árboles su mayor porcentaje está en los árboles mayores de dos metros, pero menores a tres metros (el equivalente a 30%, o 147 de 489 árboles), los arbustos su mayor porcentaje de altura está de los cincuenta centímetros a un metro (el equivalente al 54.40%, o 99 de 182 arbustos) y las palmas con mayor porcentaje oscilan entre un metro hasta dos (el equivalente al 70%, 7 de 10 árboles) (Tabla 11).

Con el inventario también se buscó conocer las edades aproximadas de las plantas. En los árboles se observó que su mayor número y porcentaje se encontraban en árboles mayores a tres metros en un 60.94% (298 árboles), en arbustos se observó un porcentaje más uniforme de uno hasta los tres años. Para las palmas el mayor porcentaje estaba en la edad aproximada de más de tres años (60%) (Tabla 12).

**Tabla 11.** Alturas de plantas y porcentajes.

TOTAL DE ÁRBOLES	Altura									
	0 a 0.04 m	0.05 a 0.14 m	0.15 a 0.29 m	0.30 a 0.49 m	0.50 a 0.99 m	1.00 a 1.99 m	2.00 a 2.99 m	3.00 a 3.99 m	4.00 a 5.99 m	6.00 a 9.99 m
<b>489</b>	2.00	2.00	14.00	47.00	67.00	93.00	147.00	73.00	37.00	7.00
%	0.41	0.41	2.86	9.61	13.70	19.02	30.06	14.93	7.57	1.43
<b>TOTAL DE ARBUSTOS</b>										
<b>182</b>	-	-	1.00	13.00	99.00	47.00	20.00	2.00	-	-
%	-	-	0.55	7.14	54.40	25.82	10.99	1.10	-	-
<b>TOTAL DE PALMAS</b>										
<b>10</b>	-	-	-	-	3.00	7.00	-	-	-	-
%	-	-	-	-	30.00	70.00	-	-	-	-

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 12.** Edades de plantas y porcentajes.

TOTAL DE ÁRBOLES	Edad aproximada de la planta				
	0 a 6 meses	6 a 1 año	1 a 2 años	2 a 3 años	Más de 3 años
<b>489</b>	-	9.00	133.00	98.00	298.00
%	-	1.84	27.20	20.04	60.94
TOTAL DE ARBUSTOS					
<b>182</b>	-	17.00	54.00	57.00	56.00
%	-	9.34	31.32	31.32	30.77
TOTAL DE PALMAS					
<b>10</b>	-	-	2.00	2.00	6.00
%	-	-	20.00	20.00	60.00

**Fuente:** Elaboración propia.

Por último, en los datos generales, también se conoció el porcentaje de los árboles en cuanto su copa. El porcentaje mayor se encuentra en los árboles con uno a dos metros de altura (el equivalente al 29.65% o 145 árboles de 489), seguido de los árboles de medio metro a un metro (el equivalente a 15.95% o 78 árboles de 489) (Tabla.13).

**Tabla 13.** Diámetros de las plantas y porcentajes.

TOTAL DE ÁRBOLES	Diámetro de la copa (Árboles)							
	0 a 0.09 m	0.10 a 0.29 m	0.30 a 0.49 m	0.50 a 0.99 m	1.00 a 1.99 m	2.00 a 2.99 m	3.00 a 3.99 m	Más de 4.00
<b>489</b>	11	42	52	78	145	86	28	47
%	2.25	8.59	10.63	15.95	29.65	17.59	5.73	9.61

**Fuente:** Elaboración propia.

Es preciso mencionar que el cuadrante C-C3 no presenta ningún tipo de planta relevante, para este análisis y solo se encuentra una tercera parte la cancha de futbol americano (Figura 17).



**Figura 17.** Cuadrante C3 sin vegetación representativa para la mitigación de la contaminación.

**Fuente:** Fotografía satelital Google Earth Pro versión 7.1.7.2606 (2017) para indicar el cuadrante y la fotografía propia tomada en sitio.

**a) Resultados generales de porcentaje de árboles y arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado vigoroso.**

Ya recabada la información, se realizó un cruce de datos con relación a follaje y altura en árboles y arbustos en el sitio, ya que esta relación es la que permite que se cumplan las funciones de purificación del aire de la atmósfera por plantas, como lo indican los autores Yin et al., (2011); Escobedo y Nowak, (2009); Nowak et al., (2014), Nowak et al., (2013), Tallis et al., (2011), Tiwary et al., (2009) y Saebo et al., (2012). Con esta información se logró conocer el tipo de especie, cantidad de plantas que cumplen con el follaje denso/medio y relación con la altura (para árboles mayores a un metro y en arbustos mayores a cincuenta centímetros), y el porcentaje de ellas con follaje denso/medio en edad joven/adulta en estado vigoroso en relación con el total en el PAHB

Como primer instancia, se revisó el total de árboles y arbustos en el PAHB. Los árboles obtuvieron el 49.49% (242 árboles) son los que cumplen con la función de follaje denso/medio en edad joven/adulta en estado vigoroso, 85 de ellos son con follaje denso y 157 con follaje medio. Los *Eucalyptus camaldulensis* son los que mayormente cumplen con esta función (70 árboles), seguido de la *Prosopis juliflora var gladiosa* (47 árboles), el *Fraxinus excelsior* (41 árboles) y la *Prosopis chilensis sin espina* (40 árboles) (Tabla 14).

En segunda instancia se revisó el total de arbustos. Se obtuvo un 76.92% (140 arbustos) que cumplen con la función de follaje denso/medio en edad joven/adulta en estado vigoroso, 76 cumplen con un follaje denso y 64 con un follaje medio. Los *Nerium oleandear* son los que mayormente cumplieron con esta función (76 arbustos), seguida de la *Pyracantha coccínea* (53 arbustos).

**Tabla 14.** Porcentaje de árboles y arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado vigoroso.

<b>POLIDEPORTIVO DE LA CIUDAD DE MEXICALI "AUGUSTO HERNÁNDES BERMUDEZ"</b>				
<b>Tabla general</b>				
<b>Árboles</b>				
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Follaje Denso</b>	<b>Follaje Medio</b>	<b>Total</b>
Acacia	<i>Acacia cyanophylla</i>	13	12	25
Orquídea de árbol	<i>Bauhinia variegata</i>	-	1	1
Eucalipto	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	21	49	70
Fresno	<i>Fraxinus excelsior</i>	16	25	41
Guaje	<i>Leucaena leucocephala</i>	-	1	1
Junco, palo verde	<i>Parkinsonia aculeata</i>	3	2	5
Mezquite con espinas	<i>Prosopis juliflora var gladiosa</i>	15	32	47
Mezquite sin espinas	<i>Prosopis chilensis sin espina</i>	13	27	40
Olivo negro	<i>Bucida buceras</i>	3	1	4
Piocha	<i>Melia azedarach</i>	1	4	5
Sin identificar	Sin identificar	-	3	3
<b>Total de árboles</b>		<b>85</b>	<b>157</b>	<b>242</b>
<b>Total de árboles</b>				489
<b>Porcentaje de árboles con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado vigoroso</b>				<b>49.49</b>
<b>Arbustos</b>				
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Follaje Denso</b>	<b>Follaje Medio</b>	<b>Total</b>
Cepillo rojo	<i>Callistemon viminalis</i>	1	2	-
Piracanta	<i>Pyracantha coccinea</i>	24	29	53
Rosa laurel	<i>Nerium oleandear</i>	44	32	76

Tronadora	<i>Ruellia tuberosa</i>	7	1	8
<b>Total de arbustos</b>		<b>76</b>	<b>64</b>	<b>140</b>
<b>Total de arbustos</b>				182
<b>Porcentaje de arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado</b>				<b>76.92</b>
<b>Palmas</b>				
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Follaje Denso</b>	<b>Follaje Medio</b>	<b>Total</b>
Palma Washingtonia	<i>Washingtonia robusta</i>	4	3	7
<b>Total de palmas</b>		4	3	7
<b>Porcentaje de arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado vigoroso</b>				<b>70</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**b) Resultados por cuadrante de porcentaje de árboles y arbustos con follaje denso/medio en edad joven/adulta en estado vigoroso.**

*Cuadrante A1.*

En este cuadrante existe un total de 70 árboles, pero solo 42 (60%) presenta la función de follaje denso/medio en edad joven/adulta y altura mayor a un metro. Dentro de este porcentaje se registraron 19 árboles con follaje denso y 31 con follaje medio. Además, se presentó un total de 110 arbustos, pero solo 88 (80%) presenta la función de follaje denso/medio en edad joven/adulta y altura mayor a cincuenta centímetros, conformado por 53 arbustos con follaje denso y 35 con follaje medio (tabla.15).

**Tabla 15.** Porcentaje de árboles y arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado vigoroso en cuadrante A1.

<b>POLIDEPORTIVO DE LA CIUDAD DE MEXICALI "AUGUSTO HERNÁNDES</b>				
<b>Cuadrante A1</b>				
<b>Árboles</b>				
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Follaje Denso</b>	<b>Follaje Medio</b>	<b>Total</b>
Acacia	<i>Acacia cyanophylla</i>	-	3.00	3.00
Árbol de orquídea	<i>Bauhinia variegata</i>	-	1.00	
Olivo negro	<i>Bucida Buceras</i>	3.00	1.00	
Eucalipto	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	7.00	9.00	16.00
Fresno	<i>Fraxinus excelsior</i>	3.00	7.00	10.00
Mezquite con	<i>Prosopis juliflora var</i>	3.00	6.00	9.00
Mezquite sin espina	<i>Prosopis chilensis sin espina</i>	3.00	3.00	6.00
Olivo negro	<i>Bucida Buceras</i>	-	1.00	1.00
<b>Total de árboles</b>		<b>19.00</b>	<b>31.00</b>	<b>42.00</b>
<b>Total de árboles en cuadrante</b>				<b>70</b>
<b>Porcentaje de árboles con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado</b>				<b>60.00</b>
<b>Arbustos</b>				
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Follaje Denso</b>	<b>Follaje Medio</b>	<b>Total</b>
Laurel, Rosa laurel	<i>Nerium oleandear</i>	40.00	32.00	72.00
Piracanta	<i>Pyracantha coccinea</i>	4.00	2.00	6.00
Tronadora	<i>Ruellia tuberosa</i>	9.00	1.00	10.00
<b>Total de arbustos</b>		<b>53</b>	<b>35</b>	<b>88</b>
<b>Total de arbustos en cuadrante</b>				<b>110</b>
<b>Porcentaje de arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado</b>				<b>80</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

#### *Cuadrante A2.*

En este cuadrante existe un total de 98 árboles, pero solo 36 (38.73%) presenta la función de follaje denso/medio en edad joven/adulta y altura mayor a un metro. Dentro de este porcentaje se registraron 12 árboles con follaje denso y 24 con follaje medio. Además, se presentó un total de 13 arbustos, pero solo 9 (69.23%) presenta la función de

follaje denso/medio en edad joven/adulta y altura mayor a cincuenta centímetros, conformado por 6 arbustos con follaje denso y 3 con follaje medio (tabla.16).

**Tabla 16.** Porcentaje de árboles y arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado vigoroso en cuadrante A2.

<b>POLIDEPORTIVO DE LA CIUDAD DE MEXICALI "AUGUSTO HERNÁNDEZ</b>				
<b>Cuadrante A2</b>				
<b>Árboles</b>				
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Follaje Denso</b>	<b>Follaje Medio</b>	<b>Total</b>
Acacia	<i>Acacia cyanophylla</i>	4.00	4.00	8.00
Eucalipto	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	1.00	2.00	3.00
Fresno	<i>Fraxinus excelsior</i>	1.00	2.00	3.00
Palo verde	<i>Parkinsonia aculeata</i>	2.00	-	2.00
Mezquite con espinas	<i>Prosopis juliflora var glandulosa</i>	2.00	9.00	11.00
Mezquite sin espinas	<i>Prosopis chilensis sin espina</i>	2.00	3.00	5.00
Guaje	<i>Leucaena leucocephala</i>	-	1.00	1.00
Sin identificar	Sin identificar	-	3.00	3.00
<b>Total de árboles</b>		<b>12.00</b>	<b>24.00</b>	<b>36.00</b>
<b>Total de árboles en cuadrante</b>				<b>98.00</b>
<b>Porcentaje de árboles con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado vigoroso</b>				<b>38.73</b>
<b>Arbustos</b>				
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Follaje Denso</b>	<b>Follaje Medio</b>	<b>Total</b>
Laurel, Rosa laurel	<i>Nerium oleandear</i>	4.00	-	4.00
Piracanta	<i>Pyracantha coccinea</i>	2.00	3.00	5.00
<b>Total de arbustos</b>		<b>6.00</b>	<b>3.00</b>	<b>9.00</b>
<b>Total de arbustos en cuadrante</b>				<b>13.00</b>
<b>Porcentaje de arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado vigoroso</b>				<b>69.23</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

#### *Cuadrante A3.*

En este cuadrante existe un total de 18 árboles, pero solo 3 (16.67%) presenta la función de follaje denso/medio en edad joven/adulta y altura mayor a un metro. Dentro de este porcentaje se registraron 2 árboles con follaje denso y 1 con follaje medio. Además, se presentó un total de 9 arbustos, pero solo 3 (33.33%) presenta la función de follaje

denso/medio en edad joven/adulta y altura mayor a cincuenta centímetros, conformado por 1 arbusto con follaje denso y 2 con follaje medio (Tabla 17).

**Tabla 17.** Porcentaje de árboles y arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado vigoroso en cuadrante A3.

<b>POLIDEPORTIVO DE LA CIUDAD DE MEXICALI "AUGUSTO</b>				
<b>Cuadrante A3</b>				
<b>Árboles</b>				
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Follaje Denso</b>	<b>Follaje Medio</b>	<b>Total</b>
Junco, palo	<i>Parkinsonia aculeata</i>	1.00	1.00	2.00
Mezquite con	<i>Prosopis juliflora var</i>	1.00	-	1.00
<b>Total de árboles</b>		<b>2.00</b>	<b>1.00</b>	<b>3.00</b>
<b>Total de árboles en cuadrante</b>				<b>18</b>
<b>Porcentaje de árboles con follaje denso/medio edad joven/adulta en</b>				<b>16.67</b>
<b>Arbustos</b>				
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Follaje Denso</b>	<b>Follaje Medio</b>	<b>Total</b>
Cepillo rojo	<i>Callistemon viminalis</i>	1.00	2.00	3.00
<b>Total de arbustos</b>		<b>1.00</b>	<b>2.00</b>	<b>3</b>
<b>Total de arbustos en cuadrante</b>				<b>9</b>
<b>Porcentaje de arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en</b>				<b>33.33</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

#### *Cuadrante B1.*

En este cuadrante existe un total de 56 árboles, pero solo 24 (42.86%) presenta la función de follaje denso/medio en edad joven/adulta y altura mayor a un metro. Dentro de este porcentaje se registraron 10 árboles con follaje denso y 14 con follaje medio. Además, se presentó un total de 3 arbustos, pero solo 2 (66.66%) presenta la función de follaje denso/medio en edad joven/adulta y altura mayor a cincuenta centímetros, conformado por 2 arbustos con follaje medio (Tabla 18).

**Tabla 18.** Porcentaje de árboles y arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado vigoroso en cuadrante B1.

<b>POLIDEPORTIVO DE LA CIUDAD DE MEXICALI "AUGUSTO</b>				
<b>Cuadrante B1</b>				
<b>Árboles</b>				
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Follaje Denso</b>	<b>Follaje Medio</b>	<b>Total</b>
Eucalipto	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	3.00	5.00	8.00
Fresno	<i>Fraxinus excelsior</i>	5.00	-	5.00
Junco, palo verde	<i>Parkinsonia aculeata</i>	-	1.00	1.00
Mezquite con	<i>Prosopis juliflora var</i>	1.00	4.00	5.00
Mezquite sin	<i>Prosopis chilensis sin</i>	-	3.00	3.00
Piocha	<i>Melia azedarach</i>	1.00	1.00	2.00
<b>Total de árboles</b>		<b>10.00</b>	<b>14.00</b>	<b>24.00</b>
<b>Total de árboles en cuadrante</b>				56
<b>Porcentaje de árboles con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado</b>				<b>42.86</b>
<b>Arbustos</b>				
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Follaje Denso</b>	<b>Follaje Medio</b>	<b>Total</b>
Piracanta	<i>Pyracantha coccinea</i>	-	2.00	2.00
<b>Total de arbustos</b>		<b>-</b>	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>
<b>Total de arbustos en cuadrante</b>				3
<b>Porcentaje de arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado</b>				<b>66.66</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

#### *Cuadrante B2.*

En este cuadrante existe un total de 133 árboles, pero solo 80 (60.15%) presenta la función de follaje denso/medio en edad joven/adulta y altura mayor a un metro. Dentro de este porcentaje se registraron 25 árboles con follaje denso y 55 con follaje medio. Además, se presentó un total de 29 arbustos, pero solo 25 (86.2%) presenta la función de follaje denso/medio en edad joven/adulta y altura mayor a cincuenta centímetros, conformado por 8 arbustos con follaje denso y 17 con follaje medio (Tabla 19).

**Tabla 19.** Porcentaje de árboles y arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado vigoroso en cuadrante B2.

<b>POLIDEPORTIVO DE LA CIUDAD DE MEXICALI "AUGUSTO HERNÁNDES</b>				
<b>Cuadrante B2</b>				
<b>Árboles</b>				
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Follaje Denso</b>	<b>Follaje Medio</b>	<b>Total</b>
Acacia	<i>Acacia cyanophylla</i>	4.00	4.00	8.00
Eucalipto	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	6.00	17.00	23.00
Fresno	<i>Fraxinus excelsior</i>	2.00	13.00	15.00
Mezquite con	<i>Prosopis juliflora var</i>	7.00	10.00	17.00
Mezquite sin espina	<i>Prosopis chilensis sin espina</i>	6.00	11.00	17.00
<b>Total de árboles</b>		<b>25.00</b>	<b>55.00</b>	<b>80.00</b>
<b>Total de árboles en cuadrante</b>				133
<b>Porcentaje de árboles con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado</b>				<b>60.15</b>
<b>Arbustos</b>				
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Follaje Denso</b>	<b>Follaje Medio</b>	<b>Total</b>
Piracanta	<i>Pyracantha coccinea</i>	8.00	17.00	25.00
<b>Total de arbustos</b>		<b>8.00</b>	<b>17.00</b>	<b>25.00</b>
<b>Total de arbustos en cuadrante</b>				29
<b>Porcentaje de arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado</b>				<b>86.2</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

### *Cuadrante B3.*

En este cuadrante existe un total de 40 árboles, pero solo 22 (55%) presenta la función de follaje denso/medio en edad joven/adulta y altura mayor a un metro. Dentro de este porcentaje se registraron 6 árboles con follaje denso y 16 con follaje medio. Además, se presentó un total de 11 arbustos, y en este caso, los 11 (100%) presenta la función de follaje denso/medio en edad joven/adulta y altura mayor a cincuenta centímetros, conformado por 9 arbustos con follaje denso y 2 con follaje medio (Tabla 20).

**Tabla 20.** Porcentaje de árboles y arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado vigoroso en cuadrante B3.

<b>POLIDEPORTIVO DE LA CIUDAD DE MEXICALI "AUGUSTO HERNÁNDES</b>				
<b>Cuadrante B3</b>				
<b>Árboles</b>				
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Follaje Denso</b>	<b>Follaje Medio</b>	<b>Total</b>
Acacia	<i>Acacia cyanophylla</i>	5.00	1.00	-
Eucalipto	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	-	6.00	6.00
Fresno	<i>Fraxinus excelsior</i>	-	1.00	1.00
Mezquite con	<i>Prosopis juliflora var</i>	-	1.00	1.00
Mezquite sin	<i>Prosopis chilensis sin</i>	1.00	7.00	-
<b>Total de árboles</b>		<b>6.00</b>	<b>16.00</b>	<b>22.00</b>
<b>Total de árboles en cuadrante</b>				40
<b>Porcentaje de árboles con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado</b>				<b>55.00</b>
<b>Arbustos</b>				
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Follaje Denso</b>	<b>Follaje Medio</b>	<b>Total</b>
Piracanta	<i>Pyracantha coccinea</i>	9.00	2.00	11.00
<b>Total de arbustos</b>		<b>9.00</b>	<b>2.00</b>	<b>11</b>
<b>Total de arbustos en cuadrante</b>				11
<b>Porcentaje de arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado</b>				<b>100</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

#### *Cuadrante C1.*

En este cuadrante existe un total de 32 árboles, pero solo 8 (16.67%) presenta la función de follaje denso/medio en edad joven/adulta y altura mayor a un metro. Dentro de este porcentaje se registraron 2 árboles con follaje denso y 6 con follaje medio. Además, se presentó un total de 5 arbustos, pero solo 2 (40%) presenta la función de follaje denso/medio en edad joven/adulta y altura mayor a cincuenta centímetros, conformado por 1 arbusto con follaje denso y 1 con follaje medio (Tabla 21).

**Tabla 21.** Porcentaje de árboles y arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado vigoroso en cuadrante C1.

<b>POLIDEPORTIVO DE LA CIUDAD DE MEXICALI "AUGUSTO HERNÁNDES</b>				
<b>Cuadrante C1</b>				
<b>Árboles</b>				
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Follaje Denso</b>	<b>Follaje Medio</b>	<b>Total</b>
Eucalipto	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	-	1.00	1.00
Mezquite con	<i>Prosopis juliflora var</i>	1.00	2.00	3.00
Mezquite sin	<i>Prosopis chilensis sin</i>	1.00	-	1.00
Piocha	<i>Melia azedarach</i>	-	3.00	3.00
<b>Total de árboles</b>		<b>2.00</b>	<b>6.00</b>	<b>8.00</b>
<b>Total de árboles en cuadrante</b>				32
<b>Porcentaje de árboles con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado</b>				<b>25.00</b>
<b>Arbustos</b>				
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Follaje Denso</b>	<b>Follaje Medio</b>	<b>Total</b>
Piracanta	<i>Pyracantha coccinea</i>	1.00	1.00	2.00
<b>Total de arbustos</b>		<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>2</b>
<b>Total de arbustos en cuadrante</b>				5
<b>Porcentaje de arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado</b>				<b>40.00</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

#### *Cuadrante C2.*

En este cuadrante existe un total de 38 árboles, pero 20 (52.63%) presenta la función de follaje denso/medio en edad joven/adulta y altura mayor a un metro. Dentro de este porcentaje se registraron 9 árboles con follaje denso y 11 con follaje medio. Además, se presentó un total de 2 arbustos, y en este caso los 2 (100%) presenta la función de follaje denso/medio en edad joven/adulta y altura mayor a cincuenta centímetros, conformado por 2 arbustos con follaje medio (Tabla 22).

**Tabla 22.** Porcentaje de árboles y arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado vigoroso en cuadrante C2.

<b>POLIDEPORTIVO DE LA CIUDAD DE MEXICALI "AUGUSTO HERNÁNDES</b>				
<b>Cuadrante C2</b>				
<b>Árboles</b>				
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Follaje Denso</b>	<b>Follaje Medio</b>	<b>Total</b>
Eucalipto	<i>Eucalyptus</i>	4.00	9.00	13.00
Fresno	<i>Fraxinus excelsior</i>	5.00	2.00	7.00
<b>Total de árboles</b>		<b>9.00</b>	<b>11.00</b>	<b>20.00</b>
<b>Total de árboles en cuadrante</b>				38
<b>Porcentaje de árboles con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado</b>				<b>52.63</b>
<b>Arbustos</b>				
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Follaje Denso</b>	<b>Follaje Medio</b>	<b>Total</b>
Piracanta	<i>Pyracantha coccinea</i>	-	2.00	2.00
<b>Total de arbustos</b>		<b>-</b>	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>
<b>Total de arbustos en cuadrante</b>				2.00
<b>Porcentaje de arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en</b>				<b>100.00</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

#### **5.4 . Análisis de resultados.**

Dentro de los resultados se analizaron las revisiones documentales, de uso de suelo del sitio y de vegetación en el sitio; de la cual se encontró lo siguiente:

##### **Análisis de resultados de revisión documental.**

Dentro de la revisión documental se encontraron 109 plantas para las áreas desérticas, solo 20 plantas son las más aptas, ya que estas cuentan con la doble función: descontaminación de la atmosfera y control de la erosión del suelo, sumado a esto, tienen una demanda de agua regular, escasa o nula, por lo cual las convierte en plantas idóneas para la ciudad de Mexicali (Tabla 23).

Algunas de las desventajas que tienen estas plantas, es que tienen raíces expansivas, o son susceptibles a el hongo negro que acaba con las plantas y contamina a otras, la fragilidad a los fuertes vientos o son susceptibles a cambios climáticos (Guía de forestación de Mexicali (XVII Ayuntamiento de Mexicali, 2005). (Tabla 24). Estas desventajas deben de ser tomadas siempre en cuenta para diseño y planeación de los espacios de áreas verdes y áreas recreativas con el fin de evitar accidentes o pérdidas de plantas.

**Tabla 23.** Plantas idóneas para la ciudad de Mexicali que cumplen con las funciones de descontaminación de la atmosfera, control de la erosión del suelo y consumo regular, escaso o nulo de agua.

<b>Plantas con doble función: purificación de la atmosfera y control de la erosión del suelo</b>		
<b>Encontrados en Mexicali</b>		
<b>Plantas introducidas</b>		
<b>Agua regular-escasa-nula</b>		
<b>Árboles</b>		
<b>No.</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>
1	Algarrobo	<i>Ceratonia siliqua</i>
2	Casuarina	<i>Casuarina stricta</i>
3	Casuarina cola de caballo, casuarina llorona	<i>Casuarina esquisetifolia</i>
4	Ciprés italiano	<i>Cupressus sempervirens</i>
5	Eucalipto	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
6	Eucalipto	<i>Eucalyptus cinerea</i>
7	Eucalipto silver dollar	<i>Eucalyptus polyanthemos</i>
8	Fresno	<i>Fraxinus excelsior</i>
9	Jacaranda	<i>Jacaranda mimosifolia</i>
10	Pino salado	<i>Tamarix aphylla</i>
11	Trueno	<i>Ligustrum lucidum</i>
<b>Arbustos</b>		
12	Huele de noche	<i>Cestrum nocturnum</i>
13	Pimiento del Brasil, pirul brasileño	<i>Schinus terebinthifolius</i>
14	Pinillo salado	<i>Tamarix chinensis</i>
15	Romero	<i>Rosmarinus officinalis</i>
16	Trueno, ramo de novia	<i>Ligustrum japonicum</i>

17	Tuya, enebro	<i>Platycladus orientalis</i>
<b>Cubrepisos</b>		
18	Novias del sol	<i>Gazania rigens</i>
<b>Palmas</b>		
19	Palma abanico mexicana	<i>Washingtonia robusta</i>
<b>Plantas nativas</b>		
<b>Palmas</b>		
20	Palma de abanico	<i>Washingtonia filipera</i>

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Rzedowski (1978), Chong (1989), Peña (1998), Venegas (1991), Zamudio (2011), Perry (2011), (XVII Ayuntamiento de Mexicali, 2005).

**Tabla 24.** Desventajas de las especies con función purificadora del aire y control de la erosión.

Nombre común	Nombre científico	Desventajas
Algarrobo	<i>Ceratonia siliqua</i>	Muy susceptible al hongo negro. Difícil de trasplantar en edad adulta debido a las raíces muy desarrolladas.
Casuarina cola de caballo, casuarina llorona	<i>Casuarina esquisetifolia</i>	Puede dañar construcciones cercanas a sus raíces.
Ciprés italiano	<i>Cupressus sempervirens</i>	Tiene una vida corta, los fertilizantes nitrogenados pueden dañarlo.
Eucalipto	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Presenta problemas en terrenos calcáreos y es sensible a los daños en las raíces. Tiene ramas frágiles. Sus raíces pueden causar daños a construcciones.
Eucalipto	<i>Eucalyptus cinerea</i>	Son frágiles y susceptibles a ser derribados por vientos, evita el desarrollo de otras especies a su alrededor y produce mucha hojarasca, existe plaga activa, puede dañar inmuebles.
Eucalipto silver dollar	<i>Eucalyptus polyanthemos</i>	Son frágiles y susceptibles a ser derribados por vientos, evita el desarrollo de otras especies a su alrededor y produce mucha hojarasca, existe plaga activa, puede dañar inmuebles.

Fresno	<i>Fraxinus uhdei</i>	Es susceptible a los cambios climáticos y plagas de la región, lo que reduce sus posibilidades de supervivencia y por lo tanto son más delicadas y requieren mayores cuidados.
Palma abanico mexicana	<i>Washingtonia robusta</i>	Es muy costoso su mantenimiento.
Palma de abanico	<i>Washingtonia filipera</i>	Puede tener plaga, pero no dan muchos problemas en lugares nativos. Fuera de escala para residencias (pequeños predios).
Pinillo salado	<i>Tamarix chinensis</i>	Raíces invasoras, es un problema a lo largo de los conductos de agua en áreas de agricultura, especialmente en zonas áridas.
Pino salado	<i>Tamarix aphylla</i>	Basura de las hojas tiene un alto contenido en salinidad, lo cual afecta a jardines cercanos, su apariencia grisasea lo convierte en una especie socialmente rechazada.

**Fuente:** Elaboración propia a partir Peña (1998), Venegas (1991 y Guía de forestación de Mexicali (XVII Ayuntamiento de Mexicali, 2005).

Las áreas con cobertura vegetal están compuestas por las áreas que cubren las copas de los árboles, toldos de arbustos, áreas de hojas de palma y por área cubierta por pasto. Al restar todas las áreas construidas y las áreas con cobertura vegetal se observa que el PAHB tiene todavía 78,299 m<sup>2</sup> es decir el 52.13% de sus áreas libres para la siembra de plantas o construcción de más instalaciones. En donde debe ser aprovechada estas áreas para nuevas plantas con funciones de descontaminación de la atmósfera y control de la erosión del suelo.

### **Análisis de resultados de la normativa, planes y reglamentos manejados en las áreas recreativas y deportivas de la ciudad de Mexicali.**

Localización y dotación regional y urbana:

Dentro del nivel regional establecido por la SEDESOL (1999), es necesario que el PAHB 41,667 m<sup>2</sup> de cancha, sin embargo, no cumple con esta norma ya que cuenta con 35,929 m<sup>2</sup> de canchas; no obstante, solo se han construido dos fases del PAHB, donde queda pendiente la construcción de más áreas para realizar ejercicios.

#### Ubicación urbana:

Dentro del tema de la ubicación el PAHB si cumple la norma establecida por el SEDESOL (1999), que se este se encuentra cerca de un uso de suelo emplazado en una calle principal, vialidad regional o avenida secundaria.

#### Selección del predio:

El PAHB dentro de la normativa de la selección del predio, si cumple con las características físicas, en cuanto a su proporción y frente mínimo y frente recomendable. Además, el PAHB si cuenta con todos los servicios de agua potable, alcantarillado y/o drenaje, energía eléctrica, alumbrado público, teléfono, pavimentación y transporte público.

#### Programa arquitectónico general:

En el caso del PAHB, si cuenta con la mayoría de los componentes arquitectónicos establecidos para el módulo tipo A; no obstante, no se cuenta con la cancha de atletismo, cancha de tenis, frontón, ni gimnasio al aire libre; aunque el sistema normativo especifica que estos espacios dependerán del tamaño de la ciudad, de la tradición deportiva y/o del interés de las autoridades y la comunidad por impulsarla, es decir que se pueden cambiar por otro tipo de deporte, como es el caso del PAHB, que sustituye las canchas faltantes por el circuito que se utiliza para caminar, trotar o correr.

El área destinada para el estacionamiento marcada en la norma es de 3,036m<sup>2</sup> si es cumplida por el PAHB, ya que cuenta con 12,675.14m<sup>2</sup>, observándose un superávit de 9,639.14m<sup>2</sup> en relación al tamaño requerido por el tipo de módulo.

En cuanto a las áreas verdes, se indica que debe de cumplir con 3,800m<sup>2</sup>, donde si se considera al área de cobertura vegetal (el área de la copa de los árboles, arbustos, palmas y pasto) como área verde; esta norma si se cumple, ya que el PAHB tiene 4,842m<sup>2</sup>, además se observa un superávit en relación al tamaño requerido por el tipo de módulo.

Cabe señalar que indica que la superficie del terreno para el modelo tipo A en Centros Deportivos debe ser de 44,833.00 m<sup>2</sup>, por el cual el PAHB si cumple con lo establecido

en la norma en un solo módulo, ya que su dimensión es de 150,194.65m<sup>2</sup>, observándose un superávit de 105, 361.65m<sup>2</sup>; pero por su extensión de área de terreno equivaldría a tres módulos del tipo A y entonces se observaría déficit en las áreas verdes y en áreas anteriormente mencionadas, a excepción del área de estacionamiento.

Por último, en cuanto a las normas referidas al programa arquitectónico, el PAHB si cumple con las alturas recomendables en construcción de pisos, cajones en estacionamiento y la capacidad de usuarios por día y población atendida, pero no cumple con el coeficiente de ocupación de suelos y su coeficiente de utilización de suelo.

### **Análisis de resultados del Plan de Desarrollo Urbano de Centro de Población Mexicali 2025 (2007).**

#### Recreación:

Este subsistema presenta déficit de elementos como de Parque Urbano y Parque de Barrio, Jardín Vecinal, Plaza Cívica, Juegos Infantiles y Espectáculos Deportivos; para que cubrir la demanda es necesario 184.45 hectáreas en este tipo de elementos (p.41).

Las áreas verdes de Mexicali según el PDUCP 2025 son un total de 139 hectáreas, la cual es el 21% m<sup>2</sup>/hab y a esta cantidad se le aplica la norma de 4m<sup>2</sup>/ hab resulta en un déficit de 131.35 hectáreas.

#### Deporte:

Este subsistema presenta superávit en sus elementos, tales como la Ciudad Deportiva y Centro deportivo; presenta déficit en módulo deportivo, unidad deportiva, Gimnasio, Alberca y Salón Deportivo. Cabe mencionar faltan 23.06 hectáreas para cubrir la demanda que estos elementos tienen en la ciudad (p.41).

Cabe señalar que, dentro de las estrategias para el desarrollo en el PDUCP2025, se propone satisfacer las demandas actuales y futuras, con proyectos tales como Grandes equipamientos para la recreación y el deporte, la creación de un nuevo Bosque de la Ciudad que funcione como pulmón urbano al oriente de la ciudad. (al 2018 sigue sin ser instalado). Y la propuesta de la instalación de un Parque Temático y 5 Parques Ecológicos

Urbanos, tres de ellos en zonas lagunares, además del saneamiento de las lagunas de la PTAR Zaragoza para su incorporación paulatina a la ciudad como áreas verdes. Sin embargo, no se observó que se mencionara la construcción de un Centro Deportivo como el PAHB dentro de sus estrategias, sino que se enfocó a la detonación de la demanda de vivienda por el crecimiento industrial de la zona.

### **Análisis de resultados del Reglamento de áreas verdes del municipio de Mexicali (2005).**

El reglamento de las áreas verdes es específico en la elección de las plantas que deben de ser utilizadas en las áreas verdes de la ciudad, estas deben de ser especies adaptadas al clima para no generar sobre costos y es el mismo municipio la que proporciona estas plantas. Se remarca que está prohibida la introducción de especies exóticas, ya que estas pueden ser portadoras de plagas y enfermedades para las plantas que existen en la ciudad.

Es obligación del municipio forestar y reforzar las áreas verdes existentes, así como su protección, preservación, conservación, promover el cuidado y mejoramiento, así como la promoción de la participación de la sociedad y la cultura forestal de las áreas verdes, más sin embargo el diseño de estas áreas lo realiza el departamento de ecología, o el mismo puede someterlas a concurso a partir de los lineamientos municipales.

### **Análisis resultados del inventario del Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana de Mexicali (IMIP) (áreas recreativas y áreas deportivas).**

Dentro de la zona Los Santorales se encuentran distintos tipos de áreas verdes: trece jardines vecinales y dos parques de barrio y seis módulos deportivos y un centro deportivo, estos se encuentran en un estado similar en cuanto a las áreas verdes (zonas sin pasto, árboles de follaje medio y falta de mantenimiento en las áreas de servicio).

### **Análisis de resultados de la vegetación en el sitio.**

Partiendo de la división de los 9 cuadrantes para una mejor recolección de información para el inventario se encontraron 681 plantas (489 árboles de diferentes especies, 182 arbustos de diferentes especies, un tipo de palma (*Washingtonia robusta*) y un tipo de pasto (*Cynodom dactylon*) Donde la área cubierta por arboles es un total de

1,954.19m<sup>2</sup>, por arbustos 502.87m<sup>2</sup>, por palmas 21.25m<sup>2</sup> y por pasto 2363.70 m<sup>2</sup>; en total se tiene un 4,842.01m<sup>2</sup> de cobertura vegetal, esta representa el 3.22% del área total del polideportivo.

También el inventario permitió ver a manera general que las plantas dentro del polideportivo están ubicadas en sitios que permiten una iluminación a pleno sol y un mantenimiento y riego regular-ocasional. Se registraron un total de 114 observaciones (equivalente al 16.74%) en las plantas, la más común fue que las “plantas estaban torcidas”, seguida de “el tronco estaba cortado en la parte superior, pero ramificado con hojas en su base”, después de “la planta estaba sin hojas” o se encontraba “seco”.

A partir del inventario se observaron datos representativos, tales como las alturas de las plantas existentes en el PAHB, donde se encontró, en resumen, que el 30% de los árboles en el PAHB se encuentran entre los 2 y 3 metros, el 54 % de los arbustos se encuentran con alturas entre los 50 centímetros y un metro de altura y el 70% de las palmas se encuentran entre el metro y dos metros; mientras que el mayor diámetro de los árboles oscila entre los 0.50 y tres metros de diámetro. Esto significa que las plantas del sitio tienen una vida aproximada de entre los 6 meses y más de tres años, y por lo tanto son jóvenes y no han alcanzado su máximo crecimiento y que muchas fueron plantadas de un tamaño muy pequeño y que otras ya son plantas que han remplazado a otras que no sobrevivieron o que se han ido agregando al sitio.

Cabe remarcar en el cuadrante C3 no hay plantas significativas para este estudio, ya que estas son del tipo herbáceas en grupos no extensos, de pocas plantas y de tamaño pequeño.

### **Análisis generales de porcentaje de árboles y arbustos con follaje denso/medio edad joven/adulta en estado vigoroso.**

Dado a los datos encontrados en el inventario del PAHB, en cuanto al tamaño de las plantas existentes, se observó que el que cumple la función de altura (mayores a un metro en árboles y palmas, y mayores a 50 cm en arbustos), con follaje medio denso en edad joven/adulta se encontró que los árboles *Eucalyptus camaldulensis* (70 árboles), *Prosopis juliflora var gladiosa* (47 árboles), el *Fraxinus excelsior* (41 árboles) y la

*Prosopis chilensis sin espina* (40 árboles); y a los arbustos *Nerium oleander* son los que mayormente cumplieron con esta función (76 arbustos), seguida de la *Pyracantha coccínea* (53 arbustos) y la *Washingtonia robusta* (7 palmas).

Cabe mencionar que al cruzar la información anterior con la revisión documental de las plantas que cumplen la función de descontaminación de la atmósfera y control de la erosión, se encontraron que solo el *Eucalyptus camaldulensis* (70 árboles) el *Fraxinus excelsior* (41 árboles) y la *Washingtonia robusta* (7 palmas) son los únicos que cumplen con todas las funciones antes mencionadas; lo que resulta que de 681 plantas en el PAHB, son 118 (17.32%) las que pueden ayudar a la mitigación de la CA por partículas por el momento, donde puede llegar a un 33.03% cuando el total de *Eucalyptus camaldulensis* (117 plantas), *Fraxinus excelsior* (48 plantas) y *Washingtonia robusta* (10 plantas) lleguen a una altura adecuada.

## **6. CONCLUSIONES.**

Esta investigación se enfoca en determinar cuáles son las plantas idóneas para la mitigación de la CA por material particulado en el Polideportivo Augusto Hernández Bermúdez (PAHB) de la ciudad de Mexicali, B.C. Para llegar a esto, es de suma importancia conocer cuales plantas han demostrado anteriormente que funcionan para la mitigación de la contaminación y cuales ya existen dentro del polideportivo y aprovecharlas a través del cuidado efectivo; además de conocer la normativa, planes y reglamentos manejados en áreas recreativas y deportivas como el PAHB de la ciudad de Mexicali con el objetivo de poder replicar estos resultados en otras áreas con características similares, que permitan tener espacios recreativos y deportivos con protección de la CA; y que desde la planeación de estos espacios sean consideradas a las plantas como elemento indispensable y herramienta eficaz para la mitigación de la contaminación que aqueja a la ciudad.

Dentro de esta investigación, las plantas encontradas en revisión documental del tipo desérticas (109 plantas encontradas), no todas sirven para la mitigación de la contaminación, sin embargo, son 20 plantas son las más idóneas para la ciudad de Mexicali y se deben de aprovechar al máximo sus características, tales como el control de la erosión y descontaminación de la atmosfera, bajo consumo de agua y que además sean resistentes a las altas temperaturas de la zona.

Es de suma importancia examinar el área verde recreativa deportiva así como sus características físicas y uso de suelo para la realización de estrategias dentro de estas zonas, al igual manera analizar las normas, planes y reglamentos que son manejados para estas áreas, como es el sistema normativo del SEDESOL (1999) (localización y dotación regional y urbana, ubicación, predio y su programa arquitectónico), el Plan de Desarrollo

Urbano de Centro de Población 2025 (2007) tanto en los espacios recreativos y deportivos y el Reglamento de Áreas Verdes de la ciudad de Mexicali.

El inventario de áreas verdes elaborado por el IMIP (2010) nos permite ver si se cumple las normas establecidas por la SEDESOL (1999) y conocer las áreas que se encuentran alrededor del PAHB y en un momento dado en el futuro poder analizar estas áreas y replicar las estrategias del PAHB.

Los resultados que se obtuvieron del análisis de sitio a través del inventario de plantas permitieron ver de cerca el estado en que se encuentran las plantas, ya que la división de cuadrantes también permitió trabajar de una manera más rápida la recolección de los datos para la matriz de inventario; y de igual manera permitió conocer por cuadrante las plantas que existen, alturas, diámetros, edades aproximadas de las plantas, follaje , y además permitió cuantificar porcentajes y áreas que estas cubren.

Es importante conocer el PAHB y sus plantas al detalle ya que permitirá la realización de nuevas propuestas vegetales enfocadas a la mitigación de la CA del sitio y poder replicarse en otras zonas similares. Cabe a mencionar que el PAHB y sus las plantas son jóvenes y la dotación de plantas aparenta ser baja aún; aunque la norma indique superávit en el PAHB se deben de proponer estrategias con objetivos alcanzables para cumplir con la meta de la mitigación de la contaminación.

Es importante señalar que las plantas que se propongan deben de ser de bajo consumo de agua y bajo mantenimiento, además de cumplir con las funciones de purificación del aire y el control de la erosión de suelo para la reducción de partículas en la atmosfera, tomando de referencia las enlistadas en este estudio.

Aparentemente el PAHB no tiene 100% definidas sus áreas verdes, solo el cuadrante A1 es el que se observa definido y con mejor mantenimiento, ya que al parecer influye que la sala de usos múltiples este emplazado en el mismo cuadrante. Después de este cuadrante, en la mayoría de los cuadrantes se observan las plantas a los costados de los circuitos y de las canchas de futbol, béisbol y alrededor de algunos elementos.

En relación con el Plan de Desarrollo Urbano de Centros de Población 2025 (2007), parece que el PAHB no estuviera contemplado, pues al buscarlo en el documento solo se encontró que se mejorarían y tratarían de complementar las áreas verdes en general en la ciudad. Y la normativa del SEDESOL (1999) no define lo que es un área verde, pero si define a las áreas que deben de tener áreas verdes.

En el análisis de la vegetación del PAHB solo se considera follaje y altura como elementos importantes para la mitigación, como lo indican los autores. Es importante señalar que el Eucalipto, el Fresno y la palma Washingtonia solo coinciden con las plantas encontradas idóneas para Mexicali para mitigar la contaminación por partículas por sus funciones de purificación del aire y control de la erosión a pesar de sus desventajas. Las otras especies existentes en el PAHB como la acacia, el mezquite con espinas, la orquídea de árbol, la piracanta y el cepillo rojo si están consideradas como plantas que se han adaptado a las condiciones de la ciudad, pero solo cumplen con una sola función, ya sea de purificación de la atmosfera o control de la erosión del suelo, y se consideró como idóneas las plantas las que cumplían las dos funciones y de requerimiento de agua regular, escaso o nulo.

### **6.1 Limitaciones generales.**

Dentro de esta investigación es fácil desviar la atención hacia el problema de la contaminación y perder el enfoque, ya que para la ciudad de Mexicali se ha vuelto en un tema importante y de alerta ambiental, al mismo tiempo, que la falta de áreas verdes de buena calidad en la ciudad.

La recolección de información por medio de instancias de gobierno también fue difícil; ya que durante este estudio se dio el cambio de administración municipal, al cual se le daba más importancia a su cierre y entrega administrativa, donde no se me atendió de manera efectiva.

El clima de la ciudad también jugó una parte importante; ya que el inventario de plantas en el PAHB se realizó en los meses de marzo y abril; que a pesar de que las temperaturas no eran elevadas o muy bajas, no fue el más óptimo ya que era temporada de

fuertes vientos y mi salud y la de mi familia que me acompañaba se vio afectada, al estar expuestos al exterior en tiempos prolongados a los contaminantes de la zona.

## **7.0 ESTRATEGIAS Y RECOMENDACIONES.**

Este apartado está enfocado a la aportación de recomendaciones y estrategias para el mejoramiento de las áreas verdes del PAHB. Cabe señalar que estas estrategias están planteadas en base a los resultados encontrados en esta investigación, con el enfoque de mitigación de la CA y dentro de parámetros y lineamientos marcados para el desarrollo sustentable. Con esto también se busca que sea replicado en distintas áreas verdes recreativas y deportivas y consultado por personas que están encargados del diseño, planeación, cuidado y conservación de las áreas, así como estudiantes, maestros y público interesados en el tema del cuidado del ambiente a través de las plantas.

Como ya se mencionó anteriormente, las plantas tienen la capacidad de articular, definir y delimitar los espacios exteriores (Chong, 1989) además de jerarquizar, dirigir, invitar, contener, enmarcar, ampliar, reducir y subdividir el espacio (Robinette, 1972), y las plantas al ser combinadas pueden mejorar la protección contra la contaminación del aire, formar barreras con su follaje para captura de partículas que se encuentran en el aire, o fijarlas al suelo con sus raíces; evitando que este se erosione y se eleven los polvos de nuevo a la atmósfera, sin olvidar que las plantas cambian según la estación en la que se encuentre.

Generalmente, las plantas son utilizadas para cumplir funciones estéticas para el embellecimiento de algún sitio o área. Pero para este caso, primero se considerará que cumpla con las funciones de control de la erosión del suelo y purificación del a la

atmósfera, para la detención de las partículas para lograr mitigar la CA, unido al enfoque sustentable, que estas sean de poco o nulo mantenimiento y de poco o nulo consumo de agua.

Las funciones de las plantas para la mejora de la calidad del aire pueden ayudar más si estos colocadas según su tipo, forma, densidad y tamaño. Estas plantas deben responder también a las condiciones del clima, ya que una selección inadecuada puede no tener el resultado esperado para la mitigación de la contaminación; es decir, si se utilizan las plantas correctas en el lugar correcto, y si las condiciones de crecimiento son las adecuadas (mantenimientos, riego, exposición al sol, tipo de suelo), el resultado será el óptimo, sin embargo el tener un follaje denso puede incrementar la concentración de partículas, pero el mantenimiento como lo menciona Jin, Guo, Wheeler, Kan, y Che (2014) es pieza clave para que esa concentración no se forme o se estanque en una zona.

Las siguientes estrategias están planteadas en 4 apartados, El PAHB y las áreas verdes recreativas deportivas; cuidado, protección y conservación de las áreas verdes, educación sobre las áreas verdes y las plantas; y por último plantado y cuidados de las plantas.

El PAHB y las áreas verdes recreativas deportivas.

- Realizar un programa de forestación y reforestación con plantas que se han comprobado en esta investigación (20 especies de plantas) que cumplen con las funciones de descontaminación de la atmosfera y control de la erosión del suelo; y que además su demanda de agua es regular, escasa o nula con follaje denso a medio; estas deben plantas de proponerse en las áreas verdes en general y deben de encontrarse en buen estado de salud (sin hongos o plagas), y de una altura considerable; las plantas que se deseen instalar en las áreas verdes no deben de ser menores a un metro en árboles y menores a 50 cm en arbustos, se debe de considerar también la mejor temporada de trasplante para garantizar su sobrevivencia con el fin de que su arraigo al nuevo sitio sea exitoso.
- Los perímetros y las áreas verdes en general deben de estar bordeados primeramente por una barrera de árboles, seguido de una barrera de arbustos, con el fin de reducir la velocidad del viento y de filtrar el aire o retener mejor el material particulado ya sea con sus hojas o sus raíces.
- Deben de tomarse en cuenta a las plantas existentes de las áreas verdes al instalar las nuevas plantas, ya que estas al ser jóvenes son aún pequeñas, a razón de que no se empalmen entre ellas y causen problemas a futuro en su crecimiento.

- Deben de establecerse fases o proyecciones de a 3, 5 y 10 años de crecimiento aproximado de las plantas en las áreas verdes como parte de su diseño.
- Fortalecer las áreas más afectadas por los vientos (predominan los que provienen del Norte, Noroeste y Oeste durante el invierno y primavera; del Sur y Sureste durante el verano), es decir usar las características de las plantas (ya sean perenes o caducifolios) para ubicarlos en las zonas más vulnerables (en el caso del PABH los cuadrantes C, con especial atención el cuadrante C3, ya que está desprovisto de plantas y está orientado al Sur).
- Deben de considerarse las alturas de las plantas según la zona que se esté, es decir, las áreas infantiles deben de tener plantas de distintos tamaños para mayor protección de las personas y crear barreras contra el viento, control la erosión del suelo y levantamiento de polvos. De la misma manera, debe de considerarse los encaminamientos y circuitos y canchas de fútbol. Se propone que sea de la siguiente forma: Árbol, arbusto y cubrepiso.
- Debe de tenerse cuidado con las plantas peligrosas (mezquite con espinas) o tóxicas (rosa laurel), de no colocarse en zonas muy concurridas por niños, ya que estas pueden llegar herir a las personas.
- Debe realizarse en cada área verde un inventario de plantas existentes con sus datos, nombre, función predominante, edad, medidas etc. para conocer de cerca su crecimiento y proporcionarle el mantenimiento adecuado.
- Debe de implementarse una campaña permanente sobre el No Maltrato o Cuidado de las plantas en las áreas verdes para procurar su correcto crecimiento.
- Debe de establecerse un mínimo de árboles y arbustos instalados dentro de los estacionamientos de las áreas verdes, como se menciona en el artículo 11 del Reglamento de las Áreas Verdes del municipio de Mexicali (XVIII Ayuntamiento de Mexicali, 2005) en donde se especifica que para estacionamiento al aire libre debe de instalarse un árbol cada seis cajones.
- Debe de actualizarse cada año el inventario de las plantas existentes en las áreas verdes con el fin de llevar un registro de las bajas y crecimiento de las plantas.

#### Cuidado, protección y conservación de áreas verdes.

- Debe de establecerse dentro de las normas de la SEDESOL el estado físico en que deben de encontrarse las plantas y las áreas verdes, es decir, no solo referirse a los metros cuadrados que deben de contener.
- Se debe de actualizar la normatividad de las áreas verdes del tipo recreativo y deportivo, así como su definición, tomando en cuenta la relación que existe entre ellas para un mejor control, protección y conservación de estas.
- Promover distintos tipos de cultivos en la periferia de la ciudad para la reducción de espacios agrícolas en desuso y así reducir la contaminación por material particulado.

- Reforzar y/o establecer programas de forestación en la entidad con plantas que se han comprobado que sirven para la mitigación de la CA, con el fin de promover áreas verdes recreativas deportivas libres de contaminantes atmosféricos.
- Establecer un programa para la mejora de las áreas verdes que no cumplan las normas establecidas por la SEDESOL, dirigido hacia la disminución de la CA en la ciudad.
- Realizar y/o reforzar por medio del Departamento de Áreas verdes del Ayuntamiento de Mexicali auditorías para la revisión de los mantenimientos de las áreas verdes de la ciudad, así como el estado en que se encuentren las plantas.
- El Reglamento de áreas verdes de la ciudad de Mexicali debe de especificar las plantas que se deben utilizar para reforestar en la ciudad y en lo posible mencionar su función predominante.
- Debe exigirse por medio del Departamento de Áreas Verdes la realización de una paleta y plano vegetal con nombres y localización de las plantas que se van a colocar en las áreas verdes de nueva creación, así como un plan de mantenimiento para las áreas verdes.

#### Educación sobre las áreas verdes y las plantas.

- Promover la investigación sobre las plantas de zonas áridas y su capacidad de descontaminación de la atmósfera.
- Reforzar los programas existentes sobre el cuidado del medio ambiente y plantas en todos los niveles de educación (básica, media y superior).
- Promover programas, brigadas y eventos para la concientización de la población en general y nivel vecinal donde se involucre a niños, jóvenes, adultos y adultos mayores sobre el cuidado e importancia de las áreas verdes, además de del valor como medio de mitigación de la contaminación.

#### Plantado y cuidados de las plantas.

Este apartado está dirigido al cuidado de las plantas, así como su mantenimiento a grandes rasgos.

- Deben de conocerse las plantas y sus características. Un dato importante es la distancia que se debe de guardar entre ellas (esta puede ser de 3 metros para árboles según la ONU para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y Consejería de medio rural y pesca (2009), para que tenga la mayor cobertura de espacio y que su función descontaminante se aproveche al máximo, siempre y cuando considerando el tipo de planta y su crecimiento a futuro, para que sus copas no necesiten demasiado mantenimiento de poda y sus raíces no compitan por los nutrientes.

- Para garantizar el crecimiento de las plantas se debe de eliminar las posibles plantas con hongos o malezas que puedan dañar o competir con las nuevas plantas.
- Preparar el suelo para que este facilite el arraigado de la planta, es decir que el espacio que la va a recibir sea lo suficientemente profundo para que esta provea la humedad necesaria para el crecimiento de las raíces; la FAO y Consejería de medio rural y pesca (2009) recomienda que este hoyo sea de 40x40x40 cms. Y que la tierra que cubrirá a la planta no contenga piedras, raíces, palos o basura inorgánica.
- La forma como debe ser plantada según la FAO y Consejería de medio rural y pesca (2009)) es: introducir la planta con su base (como viene del vivero, porque provee nutrientes y humedad) en el hoyo, cuidar que quede recta, verter la tierra suelta, apretar la tierra con el puño y después con el pie para que no queden bolsas de aire.
- El mantenimiento de la planta es importante, como su abono ya que provee de nutrientes necesarios para su crecimiento; o la poda, ya que esta permitirá eliminar contaminantes unidos a las hojas y ramas, además permitirá que no se crean en invierno concentraciones de contaminantes en las áreas verdes.
- Establecer mejoras en los sistemas de riego existentes utilizados en las áreas verdes.
- Puede utilizarse distintos materiales para cubrepisos además de las plantas, como es el caso de cortezas de árboles, piedras, gravas y arenas de distintos tamaños y colores, para evitar que se levante material particulado a la atmosfera.
- Contar con jardineros calificados para las tareas de mantenimiento, ya sean empleados del municipio o subcontratados. También dentro de las brigadas de reforestación o de limpieza se pueden capacitar o dar talleres a personas del cuidado de las plantas.
- La plantación y trasplantes deben siempre de procurarse en los meses marzo-abril o Septiembre Octubre para la ciudad de Mexicali, ya que el clima es un factor determinante para el arraigo de la planta.
- Las hojas de los árboles pueden convertirse ingrediente para la elaboración de composta.
- Debe de utilizarse las herramientas correctas para el corte de la planta, ya sean distintos tipos de tijeras o sierras, ya que estos estimularán el crecimiento de la planta.

Como ultima mención, es importante recordar a las personas el gran valor que tienen las plantas en cuanto al cuidado del medio ambiente y que el correcto cuidado de estas áreas verdes llevarán a convertirlas en herramientas de mitigación contra la lucha de la contaminación; y que por consecuencia estas áreas traerán no solo beneficios ecológicos,

sino también económicos (menor gasto en la salud, menor gasto dirigido a la descontaminación de la ciudad) y sociales (mejora de la salud física y mental de las personas, pertenencia a la ciudad o colonia, esparcimiento, relajación).

Otro punto importante es que las áreas verdes se mantengan limpias por sus beneficios ambientales y su gran valor ecológico. Muchas de las veces se necesita ayuda de la población para que esto suceda, por eso se hace hincapié en la realización de brigadas ecológicas en donde la población aprenda a cuidar estos espacios, lo cual conllevará a su conservación y creación de nuevas áreas verdes.

## REFERENCIAS

- Acero, Ángel. (2010). Influencia de la Vegetación en la calidad del aire en el clima urbano. Congreso Nacional del Medio Ambiente. España.
- Agencias. (2012). Periódico digital el Mexicano. México. Obtenido en <http://www.el-mexicano.com.mx/informacion/noticias/1/5/deportes/2012/11/06/627025/se-inaugura-hoy-el-polideportivo.aspx> Rescatado el 10 de febrero del 2017
- Albert, L. (2004). Contaminación ambiental. Origen, clases, fuentes y efectos. EN: Toxicología ambiental, 61-74. Recuperado de <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvstox/fulltext/toxico/toxico-01a4.pdf>
- Alcalá, J., Sosa, M., Moreno, M., Ortega, J., Quintana, C., y Holguin, C. (2008). Especies arbóreas evaluadas como bioacumuladoras de azufre en la ciudad de Chihuahua, México. *Ecología Aplicada*, 7(1-2), 17–21.
- Alcalá, J., Sosa, M., Moreno, M., Quintana, C., Quintana, G., Miranda, S., y Rubio, A. (2008). Metales pesados en vegetación arbórea como indicador de la calidad ambiental urbana: ciudad de Chihuahua, México. *Multequina*, 17(1), 39–54.
- Arámburo, G., Espejel, I., De la Parra, C., Guevara, A. y Ojeda, L. (2014). Indicadores para diseñar parques urbanos sustentables. Publicado por Ojeda, L. y Espejel, I. (2014). Cuando las áreas verdes se transforman en paisajes urbanos la visión de Baja California. Colegio de la Frontera Norte. México.
- Arias, A. (2016). Tesis de doctorado: Evaluación ecológica y ambiental de las áreas verdes a través de tres escalas: Regional, urbana y de transecto en Mexicali, B. C. Universidad Autónoma de Baja California. México.
- Bergin, M., West, J., Keating, T. y Russell, A. (2005). Regional atmospheric pollution a transboundary air quality management. *Annual Review of Environment and Resources*, 30(1), 1-37 Obtenido de <http://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144138>
- Bojana, B., Richards, K., Allwood, J., Smith, P., Dennis, J., Curmi, E. y Gillinan, C. (2014). Importance of food-demand management for climate mitigation. *Nature climate change*. Vol 4, 924-929.
- California Native Plant Society. (2016). Recuperado de <https://baja.cnps.org/es/>

- Calvente, A. M. (2007). El concepto moderno de sustentabilidad. UAIS Sustentabilidad, (8). Recuperado a partir de <http://tallerdesustentabilidad.ced.cl/wp/wp-content/uploads/2015/04/UAIS-El-concepto-moderno-de-sustentabilidad.pdf>
- Castro, R., Briones, M., Rodríguez, A. (1987). Itinerario Urbano de Sevilla. Agencia del Medio Ambiente. Sevilla, España.
- Chaudet, G. y Boixiere, A. (2009). Plantas descontaminantes. Océano Ambar. (pp.1-125)
- Chiesura, A. (2004). The role of urban parks for a sustainable city. *Landscape and Urban Planning* 68 (2004) 129–138
- Chong, A. (1989). Vegetación de zonas áridas. Inventario, caracterización y clasificación por funciones para uso paisajístico. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Arquitectura, Mexicali.
- California Native Plant Society. (2016). What is a native plant? Recuperado de <http://www.cnps.org/cnps/nativeplants/>
- Comisión Económica para la América Latina y el Caribe CEPAL. (1991). Impacto ecológico de contaminantes. Comisión Económica para la América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2017). Distribución de especies. Obtenido de la página <http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/distribesp.html> el día 29 de mayo del 2017
- Córdova, A. y Martínez, J. (2014). Beneficios de la naturaleza urbana. Publicado por Ojeda, L. y Espejel, I. (2014). Cuando las áreas verdes se transforman en paisajes urbanos la visión de Baja California. Colegio de la Frontera Norte. México.
- Corona, E. y Rojas, R. (2007). La planeación urbana sustentable ante los problemas locales de la contaminación del ambiente. En Rodríguez, J. e Iracheta, A. (Coords.), *Ciudades y regiones sustentables: ordenamiento-viabilidad económica-ciudadanía*. Memorias del VI Seminario-Taller Internacional de la red mexicana de ciudades hacia la sustentabilidad. (Primera Edición). México.
- Dal Comune, M., y Suriani-Affonso, A. (2014). Análise de três áreas verdes urbanas em Guarapuava, Paraná. *Ambiência*, 10(3), 723-739. doi:10.5935/ambiencia.2014.03.06
- Dalmasso, A., Candia, R., Llera, J. (2014). La vegetación como indicadora de la contaminación por polvo atmosférico. *Multequina*, (6). Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/428/42800608/>

- De León, J. (2001). Medio ambiente y desarrollo sostenido (Vol. 3). Universidad Pontificia Comillas. Recuperado de <http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=wbig4qCRQZAC&oi=fnd&pg=PA11&dq=%22emisiones+de+gases+de+efecto%22+%22desde+distintas+perspectivas,+dependiendo+de+la+especializaci%C3%B3n%22+%22idea+de+sostenibilidad+se+puede+contemplar,+y+lo+que+es+m%C3%A1s%22+%22del+grupo+que+la+considera.+A+continuaci%C3%B3n+se+va+a+presentar+una+visi%C3%B3n%22+&ots=MQJ2nAW3pP&sig=He30-X3FF0NeHzdVCHxAu765--M>
- Días, R. y Escárcega, S. (2009). Desarrollo Sustentable Oportunidad para la Vida. McGrall Hill. México.
- Dirección General de Planificación de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, Grupo entorno, Armengol, D. y Briones, M. (1997). El Medio Ambiente de Andalucía. Junta de Andalucía y Consejería de Medio Ambiente. España. Recuperado de [http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques\\_Tematicos/Sostenibilidad/Medio\\_Ambiente\\_Urbano/MAU\\_Andalucia/mau\\_andalucia\\_0\\_1.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Sostenibilidad/Medio_Ambiente_Urbano/MAU_Andalucia/mau_andalucia_0_1.pdf)
- Durán, D. (2010). Las dimensiones de la sustentabilidad. Ecoportal.
- Duvigneaud, P. (1974) La synthese ecologique. Populations, communautes, ecosystemes, biosphere, noosphere. Parin: Doin.
- Echeverri, C. y Maya G. (2008). Relación entre las partículas finas (PM2.5) y Respirables (PM10) en la ciudad de Medellín. Revista Ingeniería Universidad de Medellín. Colombia.
- Escobedo, F. y Nowak, D. (2009). Spatial heterogeneity and air pollution removal by an urban forest. Landscape and Urban Planning. Elsevier. Vol. 90 (20 09) 102–110.
- Escobedo, F. y Chacalo A. (2008). Estimación preliminar de la descontaminación por el arbolado urbano de la Ciudad de México. Interciencia. Vol. 33 no. 1.
- Franco, A. (2012). Equipamientos urbanos como instrumentos para la construcción de ciudad y ciudadanía. Dearq11. Bogotá. Pp. 10-21.
- Federal Emergency Management Agency [FEMA] (2015). Mitigación: Maneras de Reducir Daños en Futuros Desastres. Federal Emergency Management Agency. Recuperado de <https://www.fema.gov/node/143156>
- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones climáticas de México). 5ta edición, Instituto de Geografía,

- UNAM, ISBN: 970-32-1010-4, México, D.F. Gutiérrez, Raquel. (2014). Introducción al estudio del derecho ambiental. Editorial Porrúa. México.
- Gargiullo, M. (2007). A Guide to Native Plants of the New York City Region. New Brunswick, N.J.: Rutgers University Press.
- Genevieve, C. y Boixiere, A. (2010) Plantas descontaminantes. Editorial Océano. España
- Gobierno Municipal (2005, 6 de mayo). Reglamento de áreas verdes para el municipio de Mexicali, Baja California. Periódico oficial No. 1. Tomo CXII. Obtenido de: [http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/BAJA%20CALIFORNIA/Municipios/Mexicali/RE G01.pdf](http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/BAJA%20CALIFORNIA/Municipios/Mexicali/RE%20G01.pdf)
- González, F. (2012). Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología.
- Google Earth Pro version 7.1.7.2606. (2017). Google inc.
- González, G., Zevallos, A. Gonzales-Castañeda, C., Núñez, D., Gastañaga, C., Cabezas, C., y Steenland, K. (2014). Contaminación ambiental, variabilidad climática y cambio climático: una revisión del impacto en la salud de la población peruana. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, 31(3), 547–556.
- Gutiérrez, R. (2014). Introducción al Estudio del Derecho Ambiental. Editorial Porrúa. México.
- Guzzo, P. (1999). Estudos dos espaços livres de uso público e da cobertura vegetal em área urbana da cidade de Ribeirão Preto. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidad de Estadual Paulista, Rio Claro. –
- Harnik, P. y Welle, B. (2009). Measuring the Economic Value of a City Park System. The Trust for Public Land.
- Heras, Antonio. (2015). En 1998 investigadores hallaron rickettsia en Baja California; las autoridades los ignoraron. Periódico digital la Jornada. México. Recuperado de <http://www.jornada.unam.mx/2015/07/06/estados/036n1est>
- Hernández, A. (2000). Barrios y equipamientos públicos: esencia del proyecto democrático de la ciudad. Documentación Social no. 119. Pp. 79-93.
- Hirashi, T. y López, L. (2016). Perfil sociomoral de la familia mexicalense de un pareja urbana marginal. Ediciones ACIPE-Asociación Científica de Psicología y Educación. México.

- Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales (2018). Título profesional de planificador urbano. Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile. Recuperado de <http://estudiosurbanos.uc.cl/programas/planificador-urbano>
- Instituto de Investigaciones Sociales UABC, Instituto de Ingeniería, Facultad de Arquitectura y Diseño. (2011). Atlas de Riesgo del Municipio de Mexicali, Baja California. Universidad Autónoma de Baja California. México.
- Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana de Mexicali (IMIP). (2007). Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población Mexicali 2025. México: XVIII Ayuntamiento de Mexicali.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI. (2015). México en cifras. Información nacional, por entidad federativa y municipios. Mexicali, Baja California. México. Recuperado de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=2>
- Instituto de Municipal y Planeación de Mexicali IMIP. (2010). Inventario de áreas vedes de la ciudad de Mexicali. México
- Instituto de Municipal y Planeación de Mexicali IMIP. (2015). M3X1C4L1 3N NUM3RO5. Antecedentes históricos y geográficos de la ciudad de Mexicali y su valle. Mexicali. Recuperado de <http://imipmexicali.org.mx/mexicali-numeros>
- Iracheta, A. (1997). Planeación y Desarrollo una visión del Futuro. Plaza y Valdés Editores. México.
- Jabareen, Y. (2008). A New Conceptual Framework for Sustainable Development. *Environment, Development and Sustainability*, 10(2), 179–192. Recupeado de <http://doi.org/10.1007/s10668-006-9058-z>
- Janhäll, S. (2015). Review on urban vegetation and particle air pollution – Deposition and dispersion. *Atmospheric Enviroment*. Elsevier. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231015000758>
- Jiménez, L. (2000). La sostenibilidad como proceso de adaptación de equilibrio dinámico y adaptación al cambio. *Revista ICE Desarrollo Sostenible*. España.
- Jiménez, J. (2014, septiembre 6). Santa Isabel: “Reina de los Santorales”. La voz de la frontera. Mexicali. Recuperado a partir de <http://www.oem.com.mx/lavozdelafrontera/notas/n3529483.htm>

- Jin, Guo, Wheeler, Khan y Che. (2014). Evaluation of impacts of trees on PM2.5 dispersion in urban streets. *Atmospheric Environment* 99: 277–287.
- Koontz y Weihrich, H. (1998). *Administración. Una perspectiva global*. México D.F., México: McGraw Hill.
- Lavell, A. (1997), *Viviendo en riesgo Comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina*. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina.
- Loboda, C. y De Angelis, B. (2009). Áreas verdes públicas urbanas: conceptos, usos e funções. *Ambiência*, 1(1), 125–139.
- López, E. (1994). *Árboles en calles principales. Propuesta de metodología para arborización en Mexicali*. Mexicali B.C. Universidad Autónoma de Baja California. México.
- Macías, H., Téllez, O., Dávila, P., y Casas, A. (2006). Estudios de Sustentabilidad. *Revista Ciencias*. Número 81. Enero -marzo. pp. 20-31. México.
- Macías, M. Á., Peinado, M., Giménez De Azcárate, J., Aguirre Martínez, J. L., y Delgadillo Rodríguez, J. (2014). Clasificación bioclimática de la vertiente del pacífico mexicano y su relación con la vegetación potencial. (South Ndebele). *Acta Botánica Mexicana*, (109), 133-165.
- McPherson y Johnson. (1982). *Community forestry manual: for cities and towns of Utah and southern Idaho*. Logan, Utah: Utah State University.
- Matteucci, S. y Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Argentina.
- Medir tu árbol versión 1.4 (2014). Deskis.
- Medrano, F. (2004). *Las comunidades vegetales de México: propuesta para la unificación de la clasificación y nomenclatura de la vegetación de México*. México: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Instituto Nacional de Ecología.
- Medrano, F. (2012). *Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación*. Instituto Nacional de Ecología. Recuperado de <http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=2g8g-4DnQ9wC&oi=fnd&pg=PA9&dq=%22durante+el+invierno+o+la+estaci%C3%B3n+seca+y+luego+reanudar+su+actividad%22+%22que+Raunkiaer+denomin%C3%B3+formas+de%22+%22de+m%C3%A1s+de+30+m+de%22+%22el+suelo,+dan+a+las+y>

emas+de+crecimiento+alguna+protecci%C3%B3n%3B+en+un+clima%22+&ots=0dp  
8wQAcBf&sig=MHMNrrlZJ12ZqZ9xF0CS6pwPp-w

- Meza, M. y Moncada, J. (2010). Las áreas verdes de la ciudad de México. un reto actual. *Revista electrónica de geografía y ciencias sociales Universidad de Barcelona*, 14, 331. Consultado el 27 de mayo del 2016. Recuperado de <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-331/sn-331-56.htm>.
- Meza, L., y Quintero, M. (2012). *Material Particulado PM10 y PM2.5 en la Zona Urbana de Mexicali, B. C. (Primera)*. Alemania: Editorial Académica Española. Estados Unidos.
- Miller, R. (1997). *Urban forestry: planning and managing urban greenspaces*. Prentice Hall.
- Molina, L. y Molina M. (2002). Air quality in the Mexico megacity. An integrated assessment. *Revista eure*. Vol. XXXII, N° 96, pp. 141-145. Santiago de Chile.
- Morales A. (1977). *Material docente del curso Evolución de la teoría de la planificación, carrera de Urbanismo, Universidad de Simón Bolívar*. Venezuela.
- Mullaney, J., Lucke, T., y Trueman, S. (2015). A review of benefits and challenges in growing street trees in paved urban environments. *Landscape and Urban Planning*, 134, 157–166. Recuperado de <http://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.013>
- Nowak, D., Dwyer, J. y Childs, G. (1997) Beneficios y costos del reverdecimiento urbano. Publicado por Krishnamurthy L. y J. Rente Nascimento, (Eds.). (1997). *Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe*. 17 - 38 pp. Recuperado a partir de <https://publications.iadb.org/handle/11319/4416>
- Nowak, D., Crane, D., Stevens, J., Hoehn, R., Walton, J., Bond, J. (2008). A Ground-Based Method of Assessing Urban Forest Structure and Ecosystem Services. *Arboriculture & Urban Forestry* 2008. 34(6):347–358.
- Oliveira, T. y Carvalho, M. (2009). Levantamento quantitativo e qualitativo de indivíduos arbóreos presentes nas vias do bairro da ronda em ponta grossa-pr. *Revsbau, piracicaba – sp*, v.4, n.3, p.143 – 157, 2009.
- Ojeda, L. y Espejel, I. (2015). Cuando las áreas verdes se transforman en paisajes urbanos La visión de Baja California. Colegio de la Frontera Norte A. C. México.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y Consejería de medio rural y pesca (2009). *Manual como plantar un árbol*. Recuperado de <http://www.fao.org/forestry/42699-03d582e9a4cf155861b78cb5365260c16.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1987). *Informe de Brundtland Nuestro futuro común*. Noruega. Consultado el 7 de junio del 2016. Recuperado de

- <https://es.scribd.com/doc/105305734/ONU-Informe-Brundtland-Ago-1987-Informe-de-la-Comision-Mundial-sobre-Medio-Ambiente-y-Desarrollo#scribd>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1992). Programa 21. Estados Unidos.  
Recuperado de <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21toc.htm>
- Organización de las Naciones Unidas ONU. (2014). Protocolo de Kyoto. Recuperado de [http://unfccc.int/portal\\_espanol/informacion\\_basica/protocolo\\_de\\_kyoto/items/6215.php](http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/protocolo_de_kyoto/items/6215.php)
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). Informe 2015: Objetivos Del Milenio. Estados Unidos.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Estados Unidos.
- Ornés, S. (2009). El urbanismo, la planificación urbana y el ordenamiento territorial desde la perspectiva del derecho urbanístico venezolano. *Politeia*, vol. 32, núm. 42, enero-junio, 2009, pp. 197-225.
- Paoletti, E., Bardelli, T., Giovannini, G. Y Pecchioli, L. (2011). Air quality impact of an urban park over time. *Elservier*. Vol. 10–16.
- Peinado, M., Alcaraz, F., Delgadillo, J. y Aguado, I. (1994). *Fitogeografía de la Península de Baja California, México*.
- Peña, C. (1990). Usos, funciones y características de las plantas en el diseño del paisaje. Funciones ecológicas. México. *Anales jardín botánico de Madrid*. Vol. 51(2).
- Peña, Cesar. (1998). *Plantas en el diseño del paisaje funciones arquitectónicas y escénicas*. Universidad Autónoma de Baja California. México.
- Peña, C. (2011). *Metodología para la planificación de aéreas verdes urbanas: el caso de Mexicali, Baja California*. México: Universidad Autónoma de Baja California.
- Lothian, A., y Director, S. S. (2012).
- Peña, C., Rojas, R., Arias, A., e Iñiguez, Y. (2014). *La gestión de parques urbanos: Mexicali*. Publicado por Ojeda, L. y Espejel, I. (2014). *Cuando las áreas verdes se transforman en paisajes urbanos*. Colegio de la Frontera Norte. México.
- Perry, B. y Poly, C. (2010). *Landscape plants for California gardens An illustrated reference of California landscapes*. Land Design Pub.
- Priego, C. (2003). *La institucionalidad ambiental nacional e internacional*. Rojas, J. y Parra, O. (2003). *Conceptos básicos sobre el medio ambiente y el desarrollo sustentable*. Buenos Aires, Argentina.

- Ramírez, M., Rojas, R., García, R. (2009). Influencia de los contaminantes atmosféricos en las Infecciones respiratorias Agudas en Mexicali- Baja California, México. *Información tecnológica*. Vol 20(3), 89-100. Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v20n3/art11.pdf>
- Riddell, R. (2003) *Sustainable Urban Planning.: tipping the balance*. Black Publishing. Londres.
- Robinette, G. (1972) *Plants/People/ and Environmental Quality*. USDI National Park Service, Washington, DC. 140 p.
- Rodríguez, J. (2011). Planificación urbana en perspectiva: una mirada a nuestra formación en teoría de la planificación urbana. *Quivera*, 13(2), 232–258.
- Rojas, L. y Garibay, V. (2003). Las partículas suspendidas, aeropartículas o aerosoles: ¿hacen daño a la salud?, ¿podemos hacer algo? *Gaceta Ecológica* num 69 (29-44). México.
- Rojas, V. (2013). Los servicios ambientales. *Revista de derecho* (15105172), 12(23), 37-44.
- Rzedowski, J. (2006). 1ra edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. Recuperado de <http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMxPort.pdf>
- Sæbø, A., Popek, R. Nawrot, B. Hanslin, H. Gawronska, H. y Gawronski, G. (2012). Plant species differences in particulate matter accumulation on leaf surfaces. *Science of the Total Environment*. Elsevier. Vol. 427–428 (2012) 347–354.
- Schendell y Hofer, D. (1978). *Strategy Formulation. Analytical concepts*. Minnesota, USA: Pub. West.
- Schendell y Hatten, D. K. (1972). *Business policy or strategic management. A broader view for an emerging discipline*. USA
- Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). 1999. Sistema normativo de equipamiento urbano. Tomo V Recreación y deporte. Secretaría de Desarrollo Social. México, D. F. México. 87 p
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). (1999). Programa para Mejorar la Calidad del Aire 2000-2005. México
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2011). Programa para Mejorar la Calidad del Aire 2011-2020. México

- Spengler, J. y R. Wilson. (1996). Emissions, Dispersion, and Concentrations of Particles. En: R. Wilson y J. Spengler. *Particles in Our Air. Concentrations and Health Effects*. Harvard University Press, Estados Unidos de América.
- Soto, J. (2011). Áreas verdes urbanas: alternativa para mejorar el microclima urbano. Venezuela. Recuperado de <http://www.otromundoesposible.net/secciones-historicas/miradas-urbanas/las-areas-verdes-urbanas-una-alternativa-para-mejorar-el-microclima-urbano>
- XVII Ayuntamiento de Mexicali. (2005). Guía de forestación para el municipio de Mexicali, Baja California. Mexicali: Gobierno de Mexicali
- XVII Ayuntamiento de Mexicali. (2005). Reglamento de áreas verdes para el municipio de Mexicali Baja California. México Recuperado de: <http://www.mexicali.gob.mx/transparencia/normatividad/ordenamientos/actual/039.pdf>
- Velásquez, P., y Geovanny, W. (2016). Diseño de un producto agroturístico para el desarrollo sostenible de la finca “BRENNEN”. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
- Venegas, F. (1991). Manual para el reconocimiento de los árboles y arbustos más comunes en la ciudad de Mexicali. Universidad Autónoma de Baja California.
- Villanueva, Jorge. (2015, Abril del). Adaptación y mitigación de la isla de calor urbana y la planeación urbana sustentable, el caso de Mexicali, B.C. Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali. Recuperado de <https://drive.google.com/file/d/0B7AGEh5aIwoTRWhZakUzOTdoTnc/view>
- Yin, S. Shen, Z. Zhou, P. Zou, X. Che, S. y Wang, W. (2011). Quantifying air pollution attenuation within urban parks: An experimental approach in Shanghai, China. *Environmental Pollution*. Vol 159 8-9. P2155-2163.
- Youssef, F., Visser, S. M., Karssenbergh, D., Erpul, G., Cornelis, W. M., Gabriels, D., y Poortinga, A. (2012). The effect of vegetation patterns on wind-blown mass transport at the regional scale: A wind tunnel experiment. *Geomorphology*, 159-160, 178–188. Recuperado de <http://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.03.023>
- Wania, A., Bruse, M., Blond, N. y Weber, C. (2011). Analysing the influence of different street vegetation on traffic-induced particle dispersion using microscale simulations. *Journal of Environment Management*. Elsevier. 94 (2012) 91- 101.
- Zamudio, D. (2011). Tesis de maestría. Criterios de sustentabilidad aplicables a la selección de vegetación nativa y adaptada para el cuidado del medio ambiente y mejoramiento

del paisaje urbano en ciudades desérticas. El caso de la Calzada de los Presidentes, Mexicali B.C. Universidad Autónoma de Baja California.

Zupancic, T., Westmacott, C., y Bulhuis, M. (2015). The impact of green space on heat and air pollution in urban communities: A meta-narrative systematic review. Vancouver, BC: David Suzuki Foundation. Recuperado de [http://www.ecohealth-ontario.ca/files/our-work/DSF\\_Lit\\_Review\\_Exec\\_Summary\\_March\\_12\\_2015.pdf](http://www.ecohealth-ontario.ca/files/our-work/DSF_Lit_Review_Exec_Summary_March_12_2015.pdf)

## ANEXOS

### ANEXO 1. Información de Plantas de Polideportivo “Augusto Hernández Bermúdez”.

**Tabla 25.** Información de plantas de polideportivo por área de cobertura vegetal, cantidades y porcentajes.

Información de plantas de polideportivo por área de cobertura vegetal, cantidades y porcentajes.			CUADRANTES															
			Área	Cant	Área	Cant	Área	Cant	Área	Cant	Área	Cant	Área	Cant	Área	Cant	Área	Cant
Plantas	total poli	%	C-A1	C-A1	C-A2	C-A2	C-A3	C-A3	C-B1	C-B1	C-B2	C-B2	C-B3	C-B3	C-C1	C-C1	C-C2	C-C2
<b>Árboles</b>																		
<i>Acacia cyanophylla</i>	86.00	12.63	2.05	9.00	39.91	31.00	0.79	9.00	9.18	3.00	37.35	21.00	40.89	11.00	0.07	2.00	-	-
<i>Bauhinia variegata</i>	1.00	0.15	0.28	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	117.00	17.18	103.62	22.00	25.61	5.00	-	-	38.09	11.00	95.29	38.00	11.37	8.00	11.29	3.00	62.03	30.00
<i>Fraxinus excelsior</i>	98.00	14.39	24.26	16.00	10.19	30.00	0.27	3.00	4.77	11.00	19.44	25.00	0.58	6.00	-	-	5.29	7.00
<i>Leucaena leucocephala</i>	2.00	0.29	-	-	8.04	1.00	-	-	4.91	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Parkinsonia aculeata</i>	10.00	1.47	-	-	30.20	3.00	16.09	2.00	28.67	2.00	8.09	3.00	-	-	-	-	-	-
<i>Prosopis juliflora var gladulosa</i>	66.00	9.69	93.12	9.00	89.50	11.00	0.05	1.00	76.04	10.00	240.44	24.00	20.43	2.00	65.38	9.00	-	-
<i>Prosopis chilensis sin espina</i>	79.00	11.60	187.96	9.00	117.24	7.00	-	-	62.11	14.00	145.23	22.00	118.45	13.00	50.97	13.00	3.46	1.00
<i>Bucida buceras</i>	4.00	0.59	1.35	4.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Melia azedarach</i>	15.00	2.20	-	-	0.59	6.00	0.09	2.00	1.17	2.00	-	-	-	-	8.98	5.00	-	-
<i>Sin identificar</i>	11.00	1.62	-	-	29.73	4.00	-	1.00	-	2.00	-	-	-	-	3.31	4.00	-	-
<b>TOTAL ÁRBOLES</b>	<b>489.00</b>	<b>71.81</b>	<b>412.63</b>	<b>70.00</b>	<b>351.01</b>	<b>98.00</b>	<b>17.28</b>	<b>18.00</b>	<b>224.93</b>	<b>56.00</b>	<b>545.85</b>	<b>133.00</b>	<b>191.71</b>	<b>40.00</b>	<b>139.99</b>	<b>36.00</b>	<b>70.79</b>	<b>38.00</b>
<b>Arbustos</b>																		
<i>Callistemon viminalis</i>	10.00	1.47	-	-	0.36	1.00	7.03	9.00	-	-	112.38	29.00	-	-	31.05	5.00	12.05	2.00
<i>Pyracantha coccinea</i>	69.00	10.13	35.79	11.00	27.37	8.00	-	-	21.05	3.00	-	-	37.36	11.00	-	-	-	-
<i>Nerium oleandear</i>	89.00	13.07	190.06	85.00	21.06	4.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ruellia tuberosa</i>	14.00	2.06	7.32	14.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL ARBUSTOS</b>	<b>182.00</b>	<b>26.73</b>	<b>233.17</b>	<b>110.00</b>	<b>48.79</b>	<b>13.00</b>	<b>7.03</b>	<b>9.00</b>	<b>21.05</b>	<b>3.00</b>	<b>112.38</b>	<b>29.00</b>	<b>37.36</b>	<b>11.00</b>	<b>31.05</b>	<b>5.00</b>	<b>12.05</b>	<b>2.00</b>
<b>Palmas</b>																		
<i>Washingtonia robusta</i>	10.00	1.47	3.24	1.00	18.01	9.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL PALMAS</b>	<b>10.00</b>	<b>1.47</b>	<b>3.24</b>	<b>1.00</b>	<b>18.01</b>	<b>9.00</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>Pasto</b>																		
<i>Cynodom dactylon</i>	-	-	2,363.70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL PASTO</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2,363.70</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>Totales</b>	<b>681.00</b>	<b>100.00</b>	<b>3,012.74</b>	<b>181.00</b>	<b>417.81</b>	<b>120.00</b>	<b>24.31</b>	<b>27.00</b>	<b>245.98</b>	<b>59.00</b>	<b>658.23</b>	<b>162.00</b>	<b>229.07</b>	<b>51.00</b>	<b>171.04</b>	<b>41.00</b>	<b>82.84</b>	<b>40.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

## ANEXO 2. Vistas del PAHB.

Vistas panorámicas del Polideportivo de Mexicali “Augusto Hernández Bermúdez” (PAHB).



**Figura 18.** Vista panorámica del salón multiusos del PAHB.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 8 de octubre del 2016.



**Figura 19.** Vista panorámica de circuito lado sur del PAHB.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 8 de octubre del 2016.



**Figura 20.** Vista panorámica de cancha de softbol y circuito del PAHB.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 8 de octubre del 2016.



**Figura 21.** Vista panorámica de cafetería del PAHB.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 8 de octubre del 2016.



**Figura 22.** Vista panorámica desde el salón multiusos hacia el área de jardín.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 8 de octubre del 2016.



**Figura 23.** Vista panorámica hacia las canchas de futbol durante el torneo pumas en el PAHB.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 4 de marzo del 2017.

Encaminamientos y circuitos deportivos del Polideportivo de Mexicali “Augusto Hernández Bermúdez” (PAHB).



**Figura 24.** Encaminamiento central orientación Este-Oeste del PAHB.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 15 de marzo del 2017.



**Figura 25.** Encaminamiento central Norte-Sur del PAHB.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 15 de marzo del 2017.



**Figura 26.** Vista de salon multiusos del PAHB desde encaminamiento.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 15 de marzo del 2017.



**Figura 27.** Vista de salón multiusos del PAHB.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 15 de marzo del 2017.



**Figura 28.** Vista hacia el estacionamiento Norte del PAHB.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 15 de marzo del 2017.



**Figura 29.** Vista hacia el acceso Norte del PAHB.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 15 de marzo del 2017.

Evento copa pumas 2017 en el Polideportivo de Mexicali “Augusto Hernández Bermúdez” (PAHB).



**Figura 30.** Vista hacia la cancha de futbol americano convertible a futbol del PAHB.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 4 de marzo del 2017.



**Figura 31.** Vista hacia la cancha de futbol americano convertible a futbol del PAHB durante la copa pumas de Mexicali.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 4 de marzo del 2017.

Contaminación del aire en los alrededores del Polideportivo de Mexicali “Augusto Hernández Bermúdez” (PAHB).



**Figura 32.** Vientos fuertes con polvo en el área del PAHB.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 4 de abril del 2017.



**Figura 33.** Quemadas de basura por vecinos cercanos al área del PAHB.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 1 de abril del 2017.



**Figura 34.** Quemadas de basura por vecinos cercanos al área del PAHB.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 1 de abril del 2017.



**Figura 35.** Quemadas de basura por vecinos cercanos al área del PAHB.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 1 de abril del 2017.



**Figura 36.** Quemadas de basura por vecinos cercanos al área del PAHB.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 21 de marzo del 2017.



**Figura 37.** Vista hacia el Oeste, donde se aprecia el ambiente contaminado.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 8 de octubre del 2017.

Vistas de los alrededores de Polideportivo de Mexicali “Augusto Hernández Bermúdez” (PAHB).



**Figura 38.** Calle y dren de lado oeste del PAHB.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 8 de octubre del 2017.



**Figura 39.** Estacionamiento lado Oeste del PAHB.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 8 de octubre del 2017.



**Figura 40.** Calle Norte del PAHB.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 8 de octubre del 2017.

Instalaciones del Polideportivo de Mexicali “Augusto Hernández Bermúdez” (PAHB).



**Figura 41.** Conjunto de baños públicos del PAHB.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 8 de octubre del 2017.



**Figura 42.** Una de las áreas del juegos y palapa del PAHB.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 8 de octubre del 2017.



**Figura 43.** Gradas y cancha de softbol.

**Fuente:** Propia.  
octubre del 2017.



Tomadas el 8 de

**Figura 44.** Cancha de Futbol del PAHB.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 8 de octubre del 2017.



**Figura 45.** Circuito de lado Sur del PAHB.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 8 de octubre del 2017.



**Figura 46.** Gradas en campo de beisbol del PAHB.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 8 de octubre del 2017.



**Figura 47.** Estacionamiento Norte dentro del PAHB.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 8 de octubre del 2017.



**Figura 48.** Estacionamiento Oeste dentro del PAHB.

**Fuente:** Propia. Tomadas el 8 de octubre del 2017.

### **ANEXO 3. Tablas de plantas para zonas desérticas y ciudad de Mexicali, Baja California.**

A continuación, se anexan las tablas descriptivas de las plantas óptimas encontradas durante la investigación en base a los autores encontrados en la investigación documental: Elaboración propia a partir de Rzedowski (1978), Chong (1989), Peña (1998), Venegas (1991), Zamudio (2011), Perry (2011), (XVII Ayuntamiento de Mexicali, 2005).

## ÁRBOLES.

**Tabla 26.** Algarrobo.

No. 01	Algarrobo
Nombre científico	<i>Ceratonia</i>
Familia	Legumi
Tipo	Árbol.
Función	Purifica y controla
Origen	Introducida
País/región	Este del
Follaje	Medio.
Permanencia	Perennifolio.
Altura	6.00-10
Diámetro	7.00-9.00
Agua	Escaso.
Suelo	Arenoso.
Luz	Pleno sol y reflejado.
Crecimiento	Rápido.
Mantenimiento	Ocasional.
Forma	Parasol.
Hojas	Simpletes oscuros.
Flor	En racimo.
Floración	Marzo-mayo.
Fruto	Vaina de leguminosa que contiene
Observaciones	Produce y frutos
Desventajas	Muy suculento. En edad avanzada las raíces mueren.

**Tabla 27.** Casuarina.

No. 02	Casuarina
<b>No. 04</b>	<b>Ciprés italiano</b>
Nombre científico	<i>Cupressus sempervirens.</i>
Familia	Cupressáceas.
Tipo	Árbol.
Función	Purificación de la atmósfera y control de la erosión.
Origen	Introducida.
País/región	Región mediterránea de Italia.
Follaje	Denso.
Permanencia	Perennifolio.
Altura	Más de 15.00m.
Diámetro	2.00-3.00m
Agua	Regular.
Suelo	Tolerante.
Luz	Pleno sol, media sombra, sol total y reflejado.
Crecimiento	Rápido.
Mantenimiento	Ocasional.
Forma	Columnar.
Hojas	Romboidales, pequeñas, color verde oscuro.
Flor	Sin interés.
Floración	Marzo-mayo.
Fruto	Conos esféricos de 3-4cm de diámetro formado por escamas, gris.
Observaciones	Cultivada desde la antigüedad por los griegos en sus jardines.
Desventajas	Tiene una vida corta, los fertilizantes nitrogenados pueden dañarlo.

**Tabla 28.** Casuarina cola de caballo.

No. 03	Casuarina cola de caballo, casuarina
<b>No. 05</b>	<b>Eucalipto</b>
Nombre científico	<i>Eucalyptus camaldulensis.</i>
Familia	Mirtáceas.
Tipo	Árbol.
Función	Purificación de la atmósfera y control de la erosión.
Origen	Introducida.
País/región	Australia.
Follaje	Medio.
Permanencia	Perennifolio.
Altura	Más de 15.00 m.
Diámetro	4.00-7.00 m.
Agua	Regular.
Suelo	Tolerante.
Luz	Pleno sol.
Crecimiento	Rápido.
Mantenimiento	Ocasional.
Forma	Piramidal.
Hojas	Largas, delgadas, lanceoladas, verde claro.
Flor	Blanca o amarillo pálido, en racimos.
Floración	Junio-agosto.
Fruto	Vaina redonda, en racimos.
Observaciones	Es un árbol ampliamente utilizado en California y Arizona.
Desventajas	Presenta problemas en terrenos calcáreos y es sensible a los daños en las raíces. Tiene ramas frágiles. Sus raíces pueden causar daños a construcciones.

**Tabla 29.**

No. 06	Eucalipto
Nombre científico	<i>Eucalyptus cinerea.</i>
Familia	Mirtáceas.
Tipo	Árbol.
Función	Purificación de la atmósfera y control de la erosión.
Origen	Introducida.
País/región	Australia.
Follaje	Denso.
Permanencia	Perennifolio.
Altura	6.00-10.00 m.
Diámetro	3.00-4.50 m.
Agua	Regular.
Suelo	Tolerante.
Luz	Pleno sol y reflejado.
Crecimiento	Rápido.
Mantenimiento	Ocasional.
Forma	Irregular.
Hojas	Orbiculares, en pares, de 2.5-5cm de largo, color verde grisáceo.
Flor	pequeñas, cerca de los tallos, color blanco.
Floración	Diciembre-marzo.
Fruto	Cápsula cónica con semillas.
Observaciones	Su forma y follaje es muy preciado.
Desventajas	Son frágiles y susceptibles a ser derribados por vientos, evita el desarrollo de otras especies a su alrededor y produce mucha hojarasca, existe plaga activa, puede dañar inmuebles.

Ciprés italiano.

**Tabla 30.** Eucalipto.

**Tabla 31.** Eucalipto.

**Tabla 32.** Eucalipto silver dollar.

No. 07	Eucalipto silver dollar
Nombre científico	<i>Eucalyptus polyanthemos.</i>
Familia	Mirtáceas.
Tipo	Árbol.
Función	Purificación de la atmosfera y control de la erosión.
Origen	Introducida.
País/región	Australia.
Follaje	Denso.
Permanencia	Perennifolio.
Altura	Más de 15.00 m.
Diámetro	9.00-12.00 m.
Agua	Regular.
Suelo	Tolerante.
Luz	Pleno sol.
Crecimiento	Rápido.
Mantenimiento	Ocasional.
Forma	Irregular.
Hojas	Simples, orbiculares, verde grisáceo.
Flor	Blanca en racimos de 2.5cm.
Floración	Marzo-junio.
Fruto	Cápsulas cilíndricas de 10cm.
Observaciones	Sus ramas y hojas son muy utilizadas en interiores en forma seca.
Desventajas	Son frágiles y susceptibles a ser derribados por vientos, evita el desarrollo de otras especies a su alrededor y produce mucha hojarasca, existe plaga activa, puede dañar inmuebles.

**Tabla 33.** Fresno.

No. 08	Fresno
Nombre científico	<i>Fraxinus excelsior.</i>
Familia	Oleáceas.
Tipo	Árbol.
Función	Purificación de la atmosfera y control de la erosión.
Origen	Introducida.
País/región	México.
Follaje	Medio.
Permanencia	Caducifolio.
Altura	Más de 15.00 m.
Diámetro	6.00-10.00 m.
Agua	Regular.
Suelo	Tolerante.
Luz	Pleno sol, media sombra y reflejado.
Crecimiento	Rápido.
Mantenimiento	Regular.
Forma	Irregular.
Hojas	Compuestas, imparipinadas, foliolos aserrados, color verde oscuro.
Flor	En racimos cortos, sin interés.
Floración	Marzo-mayo.
Fruto	Sámara alada, en racimos.
Observaciones	Sensible al frío. Tira basura por semillas y flores.
Desventajas	No se menciona.

**Tabla 34.** Jacaranda.

No. 09	Jacaranda
Nombre científico	<i>Jacaranda mimosifolia.</i>
Familia	Bignoniáceas.
Tipo	Árbol.
Función	Purificación de la atmosfera y control de la erosión.
Origen	Introducida.
País/región	Brasil.
Follaje	Medio.
Permanencia	Caducifolio.
Altura	6.00-10.00 m.
Diámetro	5.00-12.00 m.
Agua	Regular.
Suelo	Tolerante.
Luz	Pleno sol y media sombra.
Crecimiento	Rápido.
Mantenimiento	Regular.
Forma	Extendida.
Hojas	Foliolos oblongos de 15-30cm, color verde gris.
Flor	Monopétala, 5cm, en forma de trompeta, azules, ventrudas y caedizas.
Floración	Abril-septiembre.
Fruto	Cápsulas leñosas planas, ovalado, duro con semillas aladas.
Observaciones	Delicado a las heladas, se puede podar y dejarlo como arbusto.
Desventajas	No se menciona.

**Tabla 35.** Pino salado.

No. 10	Pino salado
Nombre científico	<i>Tamarix aphylla</i> .
Familia	Tamaricáceas.
Tipo	Árbol.
Función	Purificación de la atmosfera y control de la erosión.
Origen	Introducida.
País/región	Norte de África, este de América central.
Follaje	Denso.
Permanencia	Perennifolio.
Altura	6.00-10.00 m.
Diámetro	4.00-9.00 m.
Agua	Escaso.
Suelo	Tolerante.
Luz	Pleno sol.
Crecimiento	Rápido.
Mantenimiento	Ocasional.
Forma	Ovoidal.
Hojas	Aciculares, color gris verdoso.
Flor	Reunidas en racimos, color rosa violáceo.
Floración	Junio-agosto.
Fruto	Sin interés.
Observaciones	Atrae plagas, es sensible a herbicidas. Difícil de erradicar.
Desventajas	Basura de las hojas tiene un alto contenido en salinidad, lo cual afecta a jardines cercanos, su apariencia grisáceo lo convierte en una especie socialmente rechazada.

**Tabla 36.** Trueno.

No. 11	Trueno
Nombre científico	<i>Ligustrum lucidum</i> .
Familia	Oleáceas.
Tipo	Árbol.
Función	Purificación de la atmosfera y control de la erosión.
Origen	Introducida.
País/región	China y Corea.
Follaje	Denso.
Permanencia	Perennifolio.
Altura	6.00-10.00 m.
Diámetro	3.00-5.00 m.
Agua	Regular.
Suelo	Tolerante.
Luz	Pleno sol, media sombra y sombra total.
Crecimiento	Moderado.
Mantenimiento	Regular.
Forma	Ovoidal.
Hojas	Oblongas, opuestas, enteras, de 8-12cm de largo, verde amarillo.
Flor	En racimos de hasta 20cm de largo.
Floración	Abril-mayo.
Fruto	Bayas oblongas, de 1cm de largo.
Observaciones	Generalmente se utiliza como seto.
Desventajas	No se menciona.

**ARBUSTOS.**

**Tabla 37.** Huele de noche.

<b>No. 12</b>	<b>Huele de noche</b>
Nombre científico	<i>Cestrum nocturnum.</i>

**Tabla 38.** Pimiento del Brasil.

<b>No. 13</b>	<b>Pimiento del brasil, pirul brasileño</b>
Nombre científico	<i>Schinus terebinthifolius.</i>

**Tabla 39.** Pinillo salado.

<b>No. 14</b>	<b>Pinillo salado</b>
Nombre científico	<i>Tamarix chinensis.</i>

**Tabla 40.**

<b>No. 15</b>	<b>Romero</b>
Nombre científico	<i>Rosmarinus officinalis.</i>
Familia	Labiadas.
Tipo	Arbusto.
Función	Purificación de la atmosfera y control de la erosión.
Origen	Introducida.
País/región	Regiones mediterráneas.
Follaje	Denso.
Permanencia	Perennifolio.
Altura	2.00-3.00 m.
Diámetro	0.50-0.80 m.
Agua	Regular.
Suelo	Tolerante, Arenoso y preparado.
Luz	Pleno sol.
Crecimiento	Moderado.
Mantenimiento	Ocasional.
Forma	Columnar.
Hojas	Simples, opuestas, lineares, 1.5-2.5 cm., aromáticas, color verde oscuro.
Flor	Azul violácea, en densos racimos al extremo de las ramas.
Floración	Febrero-mayo.
Fruto	Sin interés.
Observaciones	Se adapta bien en regiones cálidas y frías. Soporta las heladas.
Desventajas	No se menciona.

<b>No. 16</b>	<b>Trueno, ramo de novia</b>
Nombre científico	<i>Ligustrum japonicum.</i>
Familia	Oleáceas.
Tipo	Arbusto.
Función	Purificación de la atmosfera y control de la erosión.
Origen	Introducida.
País/región	Japón y Corea.
Follaje	Denso.
Permanencia	Perennifolio.
Altura	3.00-4.00 m.
Diámetro	3.00 m.
Agua	Regular.
Suelo	Tolerante y preparado.
Luz	Pleno sol, media sombra y sombra total.
Crecimiento	Moderado.
Mantenimiento	Ocasional.
Forma	Ovoidal.
Hojas	Ovaladas, cerosas, de 10cm, color verde oscuro.
Flor	Blanco amarillentas, en racimos de 6-15cm.
Floración	Mayo-junio.
Fruto	Drupa de unos 5mm de diámetro color negro, redondo, es tóxico.
Observaciones	Generalmente se usa como seto. El polen puede causar alergias.
Desventajas	No se menciona.

<b>No. 17</b>	<b>Tuya, enebro</b>
Nombre científico	<i>Platycladus orientalis.</i>
Familia	Cupressáceas.
Tipo	Arbusto.
Función	Purificación de la atmosfera y control de la erosión.
Origen	Introducida.
País/región	China y Corea.
Follaje	Denso.
Permanencia	Perennifolio.
Altura	Más de 4.00 m.
Diámetro	3.00-5.00 m.
Agua	Regular.
Suelo	Tolerante.
Luz	Pleno sol.
Crecimiento	Moderado.
Mantenimiento	Ocasional.
Forma	Ovoidal y extendida.
Hojas	Planas, acusadas, muy juntas, color verde brillante.
Flor	Sin interés.
Floración	Marzo-mayo.
Fruto	Conos de 1-25 cm, con 6 escamas, semillas gruesas.
Observaciones	Ocasionalmente es atacado por arañas.
Desventajas	No se menciona.

Romero.

**Tabla 41.** Trueno, Ramo de novia.

**Tabla 42.** Tuya, Enebro.

**CUBREPISOS.**

**PALMAS.**

**Tabla 43.** Novias del sol.

No. 18	Novias del sol
Nombre científico	<i>Gazania rigens.</i>
Familia	Compuestas.
Tipo	Cubrepiiso.
Función	Purificación de la atmósfera y control de la erosión.
Origen	Introducida.
País/región	Sudáfrica.
Follaje	Denso.
Permanencia	Perennifolio.
Altura	0.20-1.00 m.
Diámetro	0.40-0.50 m.
Agua	Regular.
Suelo	Arenoso.
Luz	Pleno sol.
Crecimiento	Rápido.
Mantenimiento	Ocasional.
Forma	Horizontal.
Hojas	Largas y estrechas, entera, espatuladas, simples, verde claro.
Flor	Color naranja, amarillo, rosa, rojo, rubi, marrón claro y oscuro.
Floración	Febrero-abril.
Fruto	Sin interés.
Observaciones	Para cubrir 1.00 m <sup>2</sup> , plantar una cada 40cm <sup>2</sup> .
Desventajas	No se menciona.

**Tabla 44.** Palma abanico mexicana.

No. 19	Palma abanico mexicana
Nombre científico	<i>Washingtonia robusta.</i>
Familia	Palmáceas.
Tipo	Palma.
Función	Purificación de la atmosfera y control de la erosión.
Origen	Introducida.
País/región	México.
Follaje	Medio.
Permanencia	Perennifolio.
Altura	Más de 4.00 m.
Diámetro	3.00-5.00 m.
Agua	Regular.
Suelo	Tolerante.
Luz	Pleno sol y media sombra.
Crecimiento	Rápido.
Mantenimiento	Ocasional.
Forma	Parasol.
Hojas	Forma de abanico, segmentos colgantes, verde oscuro.
Flor	Blancas, en péndulos.
Floración	Marzo-mayo.
Fruto	Bayas negras, elipsoidales, de 2-3cm, en racimos colgantes.
Observaciones	No plantar cercas de líneas de alta tensión o de bajo de estructuras.
Desventajas	Es muy costoso su mantenimiento.

**Tabla 45.** Palma de abanico.

No. 20	Palma de abanico
Nombre científico	<i>Washingtonia filipera.</i>
Familia	Palmáceas.
Tipo	Palma.
Función	Purificación de la atmosfera y control de la erosión.
Origen	Nativa.
País/región	Suroeste de EUA y norte de México.
Follaje	Denso.
Permanencia	Perennifolio.
Altura	Más de 4.00 m.
Diámetro	4.00-5.00 m.
Agua	Regular.
Suelo	Tolerante.
Luz	Pleno sol.
Crecimiento	Lento.
Mantenimiento	Ocasional.
Forma	Parasol.
Hojas	Segmentos angostos, filamentosos, verde oscuro.
Flor	Blanca, en pedúnculos leñosos, fragantes.
Floración	Junio-agosto.
Fruto	Bayas negras, elipsoidales, de 2-3cm, en racimos colgantes.
Observaciones	Apropiadas para tierras secas, es la menos cultivada.
Desventajas	Puede tener plaga, pero no dan muchos problemas en lugares nativos. Fuera de escala para residencias (pequeños predios).

#### **ANEXO 4. Matriz de plantas para zonas desérticas y ciudad de Mexicali, Baja California.**

A continuación, se muestra matriz de plantas que se encontraron en la investigación documental: Elaboración propia a partir de Rzedowski (1978), Chong (1989), Peña (1998), Venegas (1991), Zamudio (2011), Perry (2011), (XVII Ayuntamiento de Mexicali, 2005). En ella se muestra el cruce de información entre autores indicando si coinciden en información; además de las características de cada una ellas a manera de desglose, tales como: nombre común, nombre científico, familia, tipo, si se encuentra en la ciudad de Mexicali, función ambiental, origen de la planta, follaje, permanencia, altura, diámetro, agua, suelo, luz, crecimiento, mantenimiento, forma, hojas, flor, floración, observaciones y desventajas.

**Tabla 46. Matriz de plantas de zonas áridas con funciones de purificación de la atmosfera y control de la erosión del suelo. (Ver anexo en CD).**

**ANEXO 5. Matriz de inventario de plantas del sitio de estudio el Polideportivo “Augusto Hernández Bermúdez” de la ciudad de Mexicali, Baja California.**

La siguiente matriz de inventario se obtuvo a raíz de visitas de sitio y mediciones a plantas existentes dentro del conjunto del polideportivo de Mexicali, partiendo de la metodología diseñada. En ella se encuentran distintos elementos que ayudarán a diseñar estrategias para la mitigación de la contaminación en la zona.

**Tabla 47. Matriz de inventario del sitio estudiado PAHB. (Ver anexo en CD).**

## ANEXO 6. Plantas encontradas en el PAHB.

Las siguientes figuras muestran las plantas más comúnmente encontradas dentro del conjunto del polideportivo.

### Árboles



**Figura 49.** Mezquite con espinas. *Prosopis juliflora* var *glandulosa*.

**Fuente:** Propia. Tomada el 3 de marzo de 2017.



**Figura 50.** Mezquite sin espinas. *Prosopis Chilensis* sin espina.

**Fuente:** Propia. Tomada el 21 de marzo de 2017.



**Figura 51.** Eucalipto. *Eucalyptus camaldulensis*.

**Fuente:** Propia. Tomada el 21 de marzo de 2017.



**Figura 52.** Palo verde o junco. *Parkinsonia aculeata*.

**Fuente:** Propia. Tomada el 21 de marzo de 2017.



**Figura 53.** Acacia. *Acacia cyanophylla*.

**Fuente:** Propia. Tomada el 25 de marzo de 2017.



**Figura 54.** Fresno. *Fraxinus excelsior*.

**Fuente:** Propia. Tomada el 25 de marzo de 2017.

## Arbustos



**Figura 55.** Tronadora. *Ruellia tuberosa*.

**Fuente:** Propia. Tomada el 21 de marzo de 2017.



**Figura 56.** Piracanta. *Pyracantha coccinea*.

**Fuente:** Propia. Tomada el 1 de abril de 2017.



**Figura 57.** Rosa laurel. *Nerium oleandear*.

**Fuente:** Propia. Tomada el 12 de marzo de 2017.



**Figura 58.** Cepillo rojo. *Callistemon viminalis*.

**Fuente:** Propia. Tomada el 12 de marzo de 2017.

## Palmas



**Figura 59.** Palma. *Washingtonia robusta*.

**Fuente:** Propia. Tomada el 12 de marzo de 2017.