

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**



**METODOLOGÍA PARA LA PLANIFICACIÓN  
DE ÁREAS VERDES URBANAS: EL CASO DE  
MEXICALI B.C.**

**CÉSAR ÁNGEL PEÑA SALMÓN**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN URBANISMO**

MÉXICO D.F. 2008



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**METODOLOGÍA PARA LA PLANIFICACIÓN  
DE ÁREAS VERDES URBANAS: EL CASO DE  
MEXICALI B.C.**

Tesis que para obtener el grado de:

**DOCTOR EN URBANISMO**

Presenta

**CÉSAR ÁNGEL PEÑA SALMÓN**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN URBANISMO**

MÉXICO D.F. 2008

Directora de Tesis:

**Dra. Blanca Rebeca Ramírez Velázquez**

Sinodales:

**Dr. Ignacio Carlos Kunz Bolaños**

**Dr. Jorge López Blanco**

**Dra. Blanca Rebeca Ramírez Velázquez**

**Dr. Arturo Ranfla González**

**Dr. Hermilo Salas Espíndola**

## AGRADECIMIENTOS

El desarrollo y culminación de la presente tesis de doctorado no hubiera sido posible sin el apoyo de numerosas personas a quienes quiero agradecer su guía, disposición, asesorías y comentarios aportados en las diversas fases que ha tenido esta investigación; como es el caso de mi Comité tutorial, del cual quiero destacar la dirección académica de la Dra. Blanca Ramírez quien siempre trató de infundirme una actitud crítica y reflexiva en la actividad investigativa e invariablemente recibí su apoyo, así como del Dr. Ignacio Kunz y el Dr. Jorge López en quienes siempre encontré asesoría para hallar respuestas a mis interrogantes. De la misma manera agradezco al sínodo sus comentarios e indicaciones que me hicieron, para enriquecer y mejorar el presente escrito. Así mismo, quiero agradecer a mis compañeros de trabajo y amigos, sus diversos apoyos, asesorías e información proporcionada como son: Raúl Venegas, Judith Ley, Delia Moreno e Yvy García. Y de manera especial a Rosa Imelda Rojas, mi esposa, por su apoyo y ánimo que siempre me dio para alcanzar esta meta.

También quiero agradecer el interés y apoyo que recibí de las autoridades de la Universidad Autónoma de Baja California en particular de la Coordinación de Posgrado e Investigación, para la realización del doctorado.

Por último, agradezco el apoyo económico recibido para mi formación en el Doctorado en Urbanismo, a la Secretaría de Educación Pública a través del Programa de Mejoramiento del Profesorado

# INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
1.- CIUDAD, ÁREAS VERDES Y DESARROLLO SUSTENTABLE.....	7
1.1.- Las áreas verdes en la configuración de la ciudad.....	8
1.1.1.- Teorías y modelos para explicar la estructura espacial urbana y su crecimiento...	8
1.1.2.- Formulaciones de tipo propositivo para la estructuración espacial de la ciudad...	15
1.2.- Tipología de áreas verdes urbanas.....	17
1.2.1.- Analizando términos y definiendo un concepto de áreas verdes urbanas.....	17
1.2.2.- Marco normativo y tipología de áreas verdes urbanas.....	21
1.2.3.- Definiendo una tipología de áreas verdes urbanas.....	30
1.3.- Sustentabilidad y áreas verdes.....	31
1.3.1.- Principios y dimensiones del desarrollo sustentable.....	31
1.3.2.- Indicadores de sustentabilidad y áreas verdes.....	33
1.3.3.- Contribución de las áreas verdes al desarrollo sustentable.....	39
2.- ENFOQUES, MÉTODOS Y PROCESOS EN LA PLANIFICACIÓN DE ÁREAS VERDES URBANAS.....	54
2.1.- La experiencia en Inglaterra y Estados Unidos.....	55
2.2.- Antecedentes en México y en el Estado de Baja California.....	59
2.2.1.- Iniciativas jurídicas y principales eventos en el contexto nacional.....	60
2.2.2.- Iniciativas jurídicas referentes a áreas verdes en el contexto estatal de Baja California.....	62
2.3.- Definiendo conceptos y analizando términos de planificación de áreas verdes urbanas..	65
2.3.1.- Planificación de áreas verdes urbanas.....	66
2.4.- Dimensiones de análisis en la planificación de áreas verdes urbanas.....	67
2.4.1.- Planificación y diseño.....	68
2.4.2.- Aspectos tecnológicos.....	72
2.4.3.- Aspectos legales, institucionales y operacionales.....	75
2.4.4.- Aspectos financieros y económicos.....	77
2.4.5.- Participación pública.....	80
3.- PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA PLANIFICACIÓN DE ÁREAS VERDES URBANAS.....	83
3.1.- Fase I: Organización.....	85
3.2.- Fase II: Inventario.....	88
3.2.1.- Componente físico-urbano.....	89
3.2.2.- Componente tecnológico.....	100
3.2.3.- Componente ambiental.....	104
3.2.4.- Componente financiero-económico.....	107
3.2.5.- Componente jurídico-normativo.....	108
3.2.6.- Participación pública.....	108
3.3.- Fase III: Diagnóstico.....	109
3.3.1.- Componente físico-urbano.....	109
3.3.2.- Componente tecnológico.....	110
3.3.3.- Componente ambiental.....	112
3.3.4.- Recursos financieros.....	115
3.3.5.- Marco jurídico-normativo.....	115
3.3.6.- Participación pública.....	116
3.3.7.- Integración del diagnóstico.....	116
3.4.- Fase IV: Estrategia.....	117
3.5.- Fase V: Gestión.....	122

4.- CONSIDERACIONES PARA LA PLANIFICACIÓN DE ÁREAS VERDES EN ZONAS ÁRIDAS: MEXICALI, B.C.....	124
4.1.- Condicionantes geográficas ambientales.....	124
4.1.1.- Significado y condiciones de aridez.....	125
4.1.2.- Mexicali en el contexto de las regiones áridas del país.....	126
4.2.- Estructuras institucionales y operacionales.....	131
4.3.- Condicionantes sociales y económicas.....	133
4.4.- Organizaciones sociales y participación ciudadana.....	136
5.- PLANIFICACIÓN DE ÁREAS VERDES URBANAS EN MEXICALI, BAJA CALIFORNIA.....	139
5.1.- Estructura organizativa.....	139
5.2.- Inventario y caracterización de componentes.....	141
5.2-4 Componentes físicos-urbanos.....	141
5.2-5 Componentes tecnológicos.....	164
5.2-6 Componentes ambientales.....	164
5.2-7 Componente financiero económico.....	167
5.2-8 Componente jurídico-normativo.....	167
5.2-9 Participación pública.....	169
5.3- Análisis y diagnóstico de las áreas verdes urbanas.....	169
5.4- Consideraciones para la estructuración de las estrategias.....	179
5.4-4 Creación de áreas verdes urbanas.....	180
5.4-5 Conservación de áreas verdes urbanas.....	181
5.4-6 Rehabilitación o mejoramiento de las áreas verdes.....	182
6.- CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN.....	183
BIBLIOGRAFÍA.....	195
ANEXO 1 Proceso para la identificación de las áreas verdes urbanas en Mexicali B.C. utilizando imágenes multiespectrales.....	213
ANEXO 2 Tipología de áreas verdes urbanas de Mexicali B.C.....	235

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1-1 Modelo de Arreola de estructura urbana de ciudades fronterizas.....	13
Figura 1.1-2 Componentes de la estructura urbana de la ciudad.....	15
Figura 1.3-1 Propuesta de temas e indicadores de sustentabilidad relacionados con las áreas verdes urbanas.....	39
Figura 1.3-2 Métodos de evaluación de valores económicos.....	44
Figura 2.1-1 Enfoques en la planificación de áreas verdes en el contexto internacional.....	58
Figura 2.2-1 Iniciativas y normatividad en la planificación de áreas verdes en el contexto nacional y estatal.....	64
Figura 2.4-1 Etapas en el proceso de la planificación verde.....	70
Figura 2.4-2 Base ampliada para la planificación del espacio verde.....	71
Figura 2.4-3 Metodología para el inventario y planificación de espacios verdes.....	72
Figura 2.4-4 Guía técnica para comunidades forestales urbanas.....	73
Figura 2.4-5 Requisitos técnicos para el manejo integral de áreas verdes urbanas.....	74
Figura 2.4-6 Papel de los sectores público y privado en la normatividad y operación de las áreas verdes urbanas.....	76
Figura 2.4-7 Proceso de participación comunitaria en un programa de forestación urbana.....	81
Figura 3.1 Esquema metodológico para la planificación de áreas verdes urbanas: fases y acciones principales.....	85
Figura 3.1-1 Estructura organizativa propuesta.....	86
Figura 3.2-1 Escalas espaciales desde la perspectiva ecológica y urbana regional.....	89
Figura 3.2-2 Sistema de clasificación jerárquica de ecosistemas a diferentes escalas espaciales	91
Figura 3.2-3 Clasificación de corredores verdes basada en escalas de superficie y atributos.....	92
Figura 3.2-4 Nociones complementarias de escalas del paisaje.....	93
Figura 3.2-5 La cadena del agua, estrategia general.....	94
Figura 3.2-6 Escalera de la sustentabilidad local.....	95
Figura 3.2-7 Escalas espaciales para el inventario de las áreas verdes potenciales y existentes	97
Figura 3.2-8 Inventario de áreas verdes potenciales y existentes.....	98
Figura 3.2-9 Escalas jerárquicas por tipo de áreas verdes.....	99
Figura 3.4-1 Políticas, programas e instrumentos para la creación, conservación y rehabilitación o mejoramiento de áreas verdes urbanas.....	118
Figura 4.1-1 Regiones ecológicas de México.....	127
Figura 4.1-2 Foto aérea de Mexicali.....	128
Figura 4.1-3 Principales cuerpos de agua de la ciudad de Mexicali.....	129
Figura 4.2-1 Estructura administrativa municipal de Mexicali (Desarrollo Urbano).....	133
Figura 4.3-1 Nivel de ingresos de la población.....	135
Figura 4.3-2 Población ocupada por sector de actividad año 2000.....	135
Figura 5.1-1 Propuesta de integración del Equipo Técnico y Comité Consultivo.....	140
Figura 5.2-1 Regiones hidrológicas.....	141
Figura 5.2-2 Localización de Mexicali en la Subcuenca Hidrológica.....	142
Figura 5.2-3 Valle agrícola de Mexicali.....	143
Figura 5.2-4 Vista aérea del Río Nuevo.....	143
Figura 5.2-5 Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado.....	144
Figura 5.2-6 Áreas verdes potenciales localizadas dentro del subcuenca Baja del Río Colorado	145
Figura 5.2-7 Límite de Centro de Población de Mexicali.....	146
Figura 5.2-8 Clases de salinidad de las tierras agrícolas del Valle de Mexicali.....	147
Figura 5.2-9 Localización del Río Nuevo dentro del límite de centro de población de Mexicali.....	149
Figura 5.2-10 Imagen de satélite de Mexicali aplicando el índice NDVI.....	150
Figura 5.2-11 Diagnóstico de suelo urbano de Mexicali.....	151
Figura 5.2-12 Distribución porcentual de las áreas verdes en la mancha urbana de Mexicali a nivel subsistema.....	152
Figura 5.2-13 Localización de las áreas verdes urbanas del Subsistema de Recreación.....	154
Figura 5.2-14 Localización de las áreas verdes urbanas del Subsistema de Deporte.....	154
Figura 5.2-15 Localización de las áreas verdes urbanas del Subsistema Otro Tipo de	

Equipamiento.....	155
Figura 5.2-16 Localización de las áreas verdes urbanas del Subsistema Vial.....	156
Figura 5.2-17 Localización de las áreas verdes urbanas del Subsistema Predios baldíos.....	156
Figura 5.2-18 Localización de las áreas verdes urbanas del Subsistema Habitacional.....	157
Figura 5.2-19 Localización de las áreas verdes urbanas del Subsistema Agropecuario.....	158
Figura 5.2-20 Localización de las áreas verdes urbanas del Subsistema Mixto.....	159
Figura 5.2-21 Localización de las áreas verdes urbanas del Subsistema Industrial.....	159
Figura 5.2-22 Localización de las áreas verdes urbanas del Subsistema Turístico.....	160
Figura 5.2-23 Localización de las áreas verdes urbanas del Subsistema Comercial.....	160
Figura 5.2-24 Localización de las áreas verdes urbanas del Subsistema Natural.....	161
Figura 5.3-1 Cobertura del subsistema recreativo.....	171
Figura 5.3-2 Porcentajes de áreas verdes por colonia.....	172
Figura 5.3-3 Crecimiento histórico de la ciudad de Mexicali.....	173
Figura 5.3-4 Colonias con rangos de PEA que perciben entre 2 y 5 veces el salario mínimo mensual.....	174
Figura 5.3-5 Colonias con rangos de PEA que perciben 5 y más veces el salario mínimo mensual.....	175
Figura 5.3-6 Colonias con rangos de PEA que perciben menos de 2 veces el salario mínimo mensual.....	176

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.2-1 Tipología de áreas verdes urbanas propuesta.....	29
Tabla 1.3-1 Indicadores ambientales, sociales y económicos de la Agenda 21 relacionados con áreas verdes.....	35
Tabla 1.3-2 Indicadores de áreas verdes para localidades urbanas en Italia.....	37
Tabla 1.3-3 Ahorros de energía en áreas metropolitanas de EUA (Ahorros directos e indirectos).	47
Tabla 3.2-1 Cálculo de necesidades sociales de áreas verdes urbanas con base en criterios de SEDESOL.....	101
Tabla 3.2-2 Formato para estimación de emisiones de CO <sub>2</sub> por consumo de combustibles (litros/año).....	107
Tabla 3.3-1 Formato para cálculo de déficit o superávit de las necesidades sociales de áreas verdes .....	110
Tabla 3.3-2 Base de datos por tipo de área verde identificada.....	111
Tabla 3.3-3 Formato para estimación de AV requeridas para absorber CO <sub>2</sub> procedente de la combustión de combustible.....	114
Tabla 3.3-4 Dimensiones de árboles y valores de absorción de CO <sub>2</sub> , por tipo de árbol y zonas de crecimiento.....	114
Tabla 3.3-5 Estimación de absorción de CO <sub>2</sub> de un bosque de pino de 35 años y pastizales en la planta y el suelo.....	115
Tabla 4.2-1 Programas de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali, B.C.....	132
Tabla 4.3-1 Proyecciones de población de Mexicali con tres escenarios.....	134
Tabla 5.2-1 Cuantificación por clases de las tierras agrícolas dentro del límite de centro de población.....	147
Tabla 5.2-2 Estadística Agrícola, año 2005.....	148
Tabla 5.2-3 Cuantificación de áreas verdes en la mancha urbana de Mexicali a nivel subsistema	153
Tabla 5.2-4 Resumen del inventario de áreas verdes urbanas de Mexicali.....	162
Tabla 5.2-5 Cálculo de necesidades sociales de áreas verdes urbanas para Mexicali, 2005.....	163
Tabla 5.2-6 Consumo anual de agua en la mancha urbana de Mexicali por tipo de uso.....	165
Tabla 5.2-7 Estimación de la emisión anual de bióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) por consumo de combustibles.....	166
Tabla 5.2-8 Elementos y superficies de áreas verdes dependientes del Ayuntamiento de Mexicali	167
Tabla 5.3-1 Porcentajes y m <sup>2</sup> de áreas verdes (AV) por habitante por subsistema de la mancha urbana.....	170
Tabla 5.3-2 Cálculo de déficit o superávit de las necesidades sociales de áreas verdes, 2005.....	171
Tabla 5.3-3 Estimación de áreas verdes (AV) requeridas para absorber CO <sub>2</sub> procedente de la combustión.....	177
Tabla 5.3-4 Diagnóstico social y ambiental de áreas verdes (AV).....	178

## RESUMEN

### **METODOLOGÍA PARA LA PLANIFICACIÓN DE ÁREAS VERDES URBANAS: EL CASO DE MEXICALI B.C.**

A partir del análisis de los beneficios ambientales, sociales y económicos que representan las áreas verdes urbanas como elementos que pueden contribuir en la construcción del desarrollo urbano sustentable, y de los diversas tipologías, enfoques y principales iniciativas de planificación de áreas verdes que ha habido en otros países y en México, en este trabajo propongo una metodología para la planificación de áreas verdes urbanas y su aplicación en Mexicali B.C. La propuesta metodológica está integrada por cinco fases: organización, inventario, diagnóstico, estrategia y gestión y el desarrollo de seis grupos de componentes: los físicos-urbanos, tecnológicos, ambientales, financieros-económicos, jurídicos-normativos y de participación pública, que aseguren una eficiente planificación urbana. La aplicación de la metodología propuesta se realizó para la ciudad de Mexicali utilizando imágenes de satélite a través de un sistema de información geográfica, con el propósito de validar y retroalimentar dicha metodología, así como corroborar o no las hipótesis planteadas. Al final se presentan las conclusiones generales del trabajo y se presenta la discusión del desarrollo de la investigación en tres direcciones: respecto a metodología sugerida, los resultados obtenidos y las limitaciones encontradas.

## SUMMARY

### **METHODOLOGY FOR PLANNING URBAN GREEN AREAS: THE CASE OF MEXICALI B.C.**

Starting from the analysis of the environmental, social and economic benefits that represent the urban green areas as elements that can contribute in the construction of sustainable urban development, and the diverse types, focuses and main initiatives of green areas planning that there have been in other countries and in Mexico, in this work I propose a methodology for planning urban green areas and its application in Mexicali B.C. The methodological proposal is integrated by five phases: organization, inventory, diagnosis, strategy and administration and the development of six groups of components: the physical-urban, technological, environmental, financial-economic, juridical -normative and of public participation that assure an efficient urban planning. The application of the proposed methodology is carried out for the city of Mexicali, using satellite imagery through a geographic information system, with the purpose to validate and feedback this methodology, as well as to corroborate or not the outlined hypotheses. At the end, the general conclusions of the work are presented and the discussion of the development of the investigation is presented in three directions: regarding the proposed methodology, the results and limitations of the investigation.

# INTRODUCCIÓN

El propósito de esta investigación es establecer una metodología que apoye la planificación de áreas verdes urbanas para la ciudad de Mexicali, B.C., valorando las áreas verdes como elementos urbanos que contribuyen al bienestar de la población y a la sustentabilidad urbana, reconociendo su importancia social así como sus atributos ambientales y económicos.

La planificación de áreas verdes urbanas es un tema que ha resurgido en el tiempo con diferentes enfoques y cuyos antecedentes en el plano internacional – constituidos esencialmente por proyectos y la creación de parques públicos – se remontan al siglo XIX en el contexto europeo y estadounidense (Rutherford, 1994).

Como lo refiere Laurie (1993), en el contexto europeo las primeras iniciativas datan de 1810 influenciadas por el romanticismo, en donde se proyectaban parques que evocaran la naturaleza como el Regents Park en Londres, para posteriormente responder los parques públicos a demandas de mejoramiento de la salud de la población, como lo demuestran los decretos promulgados a partir de 1843 por el Parlamento Inglés. Sin embargo, uno de los intentos más trascendentes en la planificación integral de la ciudad y sus áreas verdes es la propuesta que hace el británico Ebenezer Howard en 1902, de construir una “Ciudad Jardín”, consistente en un poblado rodeado por un cinturón verde con extensos parques públicos y áreas de recreación (Osborn, 1974).

En el caso estadounidense como lo señala Rutherford et al. (1994), en 1842 el programa de parques fue motivado también por el tema de salud pública creándose leyes y reformas para el establecimiento de espacios abiertos y parques para la clase trabajadora con ambientes limpios y para hacer ejercicio. Posteriormente surgieron personajes como Andrew Jackson Downing, quien promovió los parques

públicos, con una visión económica y ética, al proponer su mantenimiento a través de la aplicación de impuestos y su fomento a través del conocimiento hacia las plantas y la belleza del campo. Downing logró su misión al promover el proyecto y construcción de parques públicos como el Parque Central en Nueva York en 1858 diseñado por Frederick Law Olmsted.

Décadas más tarde y en contraste con las tendencias románticas del paisaje y los reformadores de salud pública, surge en Estados Unidos un movimiento estético urbano denominado “Ciudades Bellas” que promovió el desarrollo de grandes y monumentales parques públicos entre 1910 y 1940. Subsiguientemente, los paradigmas pintorescos de las Ciudades Bellas y La Ciudad Jardín, declinaron y se volvieron obsoletos, y en 1960 se enfoca nuevamente la atención sobre las áreas verdes, pero ahora con una función social desde la perspectiva recreacional y deportiva (Cliff, 1982).

Sin embargo, el componente ambiental como motivo en la planificación de áreas verdes urbanas estaba ausente y es hasta los años setenta cuando emerge una nueva tendencia en Europa y Estados Unidos enlazada con los movimientos ecologistas, de donde surgieron iniciativas como la Ley Nacional de Política Ambiental (National Environmental Policy Act, NEPA) en 1969, que era una ley que defendía el ambiente; así como postulados teóricos de vanguardia en temas de planificación ecológica y ecología del paisaje (Palomo, 2003).

Es hasta 1987, cuando surge el acuerdo más amplio entre científicos y políticos sobre materia ambiental, bajo el documento “Nuestro Futuro Común” o “Informe Brundtland” adoptándose un nuevo paradigma por la Comisión Mundial de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo: el “Desarrollo Sustentable”, que plantea un enfoque integral del desarrollo, donde el crecimiento económico deba ser suficiente para resolver la pobreza y paralelamente sustentable para evitar una crisis ambiental, considerando además la equidad entre las generaciones presentes como la equidad intergeneracional que involucra los derechos de las generaciones futuras (INEGI, 2000b).

Este concepto llevado al ámbito del desarrollo urbano implica el rediseño de políticas y marco institucional que conlleven a acciones que sean económicamente viables, ecológicamente factibles y socialmente aceptables con una visión de largo plazo e intergeneracional, con énfasis en la superación de los déficit sociales, y la restricción de la explotación de recursos, la generación de desechos y contaminantes.

Con relación a las formas en que las áreas verdes pueden contribuir al desarrollo urbano sustentable, existen diversos autores como Birdsey (1992), Brandle et al. (1992), Nowak (1994), McPherson et al. (1998), Goreau (2003), Simpson y McPherson, (2002) Tzoulas et al. (2007) y dependencias como el Servicio Forestal Estadounidense (USDA Forest Service, 1999) que han realizado estudios al respecto, determinando que existen básicamente tres dimensiones en que pueden apoyar: la ambiental, la social y la económica.

Desde el punto de vista de su contribución ambiental, las áreas verdes urbanas pueden modificar las condiciones microclimáticas en los espacios exteriores y ayudar a restablecer el confort físico, mejorar la calidad del aire localmente al

agregar oxígeno y remover el bióxido de carbono que es un gas efecto invernadero; reducir la erosión del suelo por la acción del viento o el agua; y constituirse en una de las bases del hábitat de la fauna y por lo tanto de la biodiversidad.

Desde el punto de vista de su contribución al bienestar social, constituyen los espacios por excelencia de la población para desarrollar actividades de recreación y deporte al aire libre, apoyar la salud física y mental de la población, contribuir a la reducción del estrés y mejorar la imagen urbana de la ciudad. Asimismo, se asume que refuerzan la identidad social y el sentido comunitario por medio de la participación en programas de forestación.

Desde el punto de vista de su contribución al bienestar económico, pueden incrementar el valor del suelo y de las propiedades adyacentes, pueden reducir el consumo y costo de energía en las edificaciones, y representar ingresos como una actividad agrícola urbana.

En este sentido, en el contexto internacional se han realizado programas, planes, congresos e iniciativas jurídicas para promover la creación y conservación de las áreas verdes urbanas, como lo señalan en Gran Bretaña, Varese (2001); en Austria, Erhart (2002), en España, Yoldie (1998), en Estados Unidos, USDA Forest Service (1999) y en Colombia, Uribe (1998), sin embargo en México y en particular en Mexicali, Baja California aunque se han realizado avances en materia jurídica y técnica, se carece de instrumentos que permitan una planificación integral de las áreas verdes urbanas.

La situación de áreas verdes urbanas en Mexicali B.C. en los últimos 25 años lejos de mejorar ha empeorado. En 1979 la relación era de 2.5 m<sup>2</sup> de área verde por habitante de acuerdo a SAHOP (1979), mientras que en el 2005 la relación es de 2.1 m<sup>2</sup>/hab. (IMIP, 2005), y la normatividad federal para equipamiento urbano establece una dotación de 10 m<sup>2</sup> de área verde por habitante (SAHOP, 1981).

Esta problemática obedece a diversos factores de carácter normativo, técnico, financiero y de participación pública; dentro de los cuáles se pueden destacar los siguientes:

- a) La única normatividad que obliga a la dotación de áreas verdes (POE, 1971) es para desarrollos habitacionales y se realiza con base en la superficie vendible (3%) y no en la densidad de población, lo que provoca desequilibrios en la ciudad.
- b) Las disposiciones establecidas en las leyes y reglamentos de carácter ambiental a nivel federal y del estado de Baja California se orientan a la protección y conservación de las áreas naturales protegidas, y los reglamentos municipales se enfocan al control y prevención de los diversos tipos de contaminación, pero no hacen referencia a las áreas verdes urbanas.
- c) Existe un Reglamento de Áreas Verdes para el Municipio de Mexicali pero sus disposiciones son básicamente técnicas como son la poda y derribo de árboles, la creación de viveros para la forestación y de las actividades prohibidas en dichas áreas, pero no se establecen

lineamientos para la caracterización, diagnóstico y planificación de dichas áreas.

- d) Los criterios de dotación de áreas verdes establecidos a nivel federal y estatal, integran necesidades sociales, pero no valores ambientales.
- e) El Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali (PDUCPM) establece en sus estrategias la confección de planes sectoriales de equipamiento urbano, pero no existen lineamientos metodológicos para su elaboración.
- f) No existe por parte del Ayuntamiento un inventario confiable y sistematizado de áreas verdes y los criterios de dotación son variables. El PDUCPM de 1995 establecía una dotación de 8.5 m<sup>2</sup> de área verde por habitante (XIV Ayuntamiento de Mexicali, 1995), y 10 años más tarde, el PDUCPM - 2025 determina que la dotación debe ser de 4.0 m<sup>2</sup> de área verde por habitante (IMIP, 2005:40).
- g) Existen iniciativas de la comunidad y del gobierno municipal para realizar acciones de forestación urbana pero han sido parciales y aisladas y no derivadas de un plan general.

En este sentido, Mexicali difiere de otras ciudades del país, en diversos aspectos: respecto a su ambiente natural, se localiza en una región árida donde el recurso agua es escaso y el clima extremoso, sin embargo su cercanía a la fuente principal de agua del Río Colorado la hace estar rodeada de un valle agrícola; es una ciudad fronteriza que en 1998 contaba con un parque vehicular alto, con una relación de 4.1 habitantes por vehículo (SEMARNAT, Gobierno del Estado de Baja California, XVI Ayuntamiento de Mexicali, 1999), muy por arriba de la media nacional de 11.5 habitantes por vehículo (Editorial Televisa, 1998) con consecuencias graves de contaminación, por lo que se requiere de adecuar y regionalizar los criterios de dotación de áreas verdes establecidos a nivel nacional, y establecer un proceso de planificación de áreas verdes urbanas acorde con sus necesidades y capacidades de la ciudad, para ello en esta investigación se han planteado los siguientes objetivos:

- a) Establecer una metodología para la planificación de áreas verdes urbanas, para la ciudad de Mexicali B.C. que determine lineamientos para el manejo integrado y sistemático de dichas áreas en zonas urbanas y periurbanas, reconociendo por una parte su importancia social como elementos necesarios para desarrollar actividades recreativas y deportivas y por otra, valorando sus atributos ambientales, con el objetivo de definir estrategias para preservarlas, regenerarlas u optimizarlas y contribuir al bienestar de la población.
- b) Analizar experiencias en otros países en cuanto a sus procesos de planificación y criterios de dotación de áreas verdes urbanas.
- c) Examinar los beneficios de las áreas verdes desde las perspectivas sociales, ambientales y económicas y su contribución en el Desarrollo Sustentable.
- d) Definir un procedimiento para la cuantificación y caracterización de las áreas verdes en la ciudad de Mexicali.

- e) Establecer criterios para la determinación de índices de dotación óptimos de áreas verdes acordes a las condiciones de la ciudad de Mexicali.

Adicionalmente a estos objetivos se han planteado las siguientes hipótesis que orientan este estudio y se corroborarán al final de esta disertación:

- a) La posibilidad de dotar de áreas verdes a las ciudades ubicadas en zonas áridas enfrenta problemas complejos, no solo por el tipo de vegetación a utilizar, sino por limitantes impuestas por el medio geográfico, como es el tipo de suelo, clima y la cantidad de agua disponible en el entorno.
- b) El proceso de planificación de áreas verdes urbanas en la ciudad de Mexicali es desintegrado y parcial y no incluye procedimientos que aseguren un inventario confiable, mecanismos que promuevan la participación organizada de la comunidad, la diversificación de fuentes de financiamiento y una normatividad adecuada que aseguren la creación y conservación de un sistema de áreas verdes.
- c) Dadas las condiciones regionales de clima y locales como son los usos del suelo, necesidades de espacios recreativos, parque vehicular y contaminación, el criterio nacional de dotación de 10 m<sup>2</sup> de área verde por habitante, no es adecuado para la ciudad de Mexicali.

Para la realización de la propuesta metodológica para la planificación de las áreas verdes urbanas para Mexicali, este trabajo se estructuró en seis capítulos.

En el primer capítulo se revisan teorías y modelos con el objetivo de identificar la forma en que han sido referenciadas o modeladas las áreas verdes como parte de la estructura urbana; se examinan diversas clasificaciones de áreas verdes urbanas para definir una tipología para este estudio; y por último, se analizan los beneficios que representan este tipo de espacios como elementos que pueden contribuir en la construcción del desarrollo urbano sustentable.

En el segundo capítulo se analizan los antecedentes y las principales iniciativas de planificación de áreas verdes que ha habido tanto en México como en otros países, los diferentes conceptos y términos que han surgido y los diversos enfoques que se han generado en torno a dicha planificación en cinco grupos o dimensiones: planificación y diseño, factores tecnológicos, financieros y económicos; legales y de participación pública.

En el tercer capítulo se examinan los desafíos que enfrenta la planificación de áreas verdes urbanas en zonas áridas desde el punto de vista de las condiciones geográficas ambientales, y al mismo tiempo se exploran los potenciales y/o limitaciones existentes para dicha planificación desde la perspectiva de las estructuras institucionales y operacionales, las condiciones sociales y económicas de la población, así como las formas de participación pública establecidas en el marco jurídico, a partir del contexto de la ciudad de Mexicali, B.C.

En el cuarto capítulo se presenta la propuesta metodológica de áreas verdes urbanas, integrada por cinco fases: organización, inventario, diagnóstico, estrategia y gestión y el desarrollo de seis componentes: los físicos-urbanos, tecnológicos, ambientales, financieros-económicos, jurídicos-normativos y de participación pública, que aseguren una eficiente planificación.

En el quinto capítulo se lleva a cabo una aplicación de la metodología propuesta para la ciudad de Mexicali y presentación de los resultados obtenidos con el propósito de validar y retroalimentar dicha metodología, así como corroborar o no los supuestos referidos a Mexicali.

Por último, en el sexto capítulo se presentan las conclusiones generales del trabajo y se presenta la discusión del desarrollo del estudio en diferentes direcciones: respecto a la metodología sugerida, los resultados obtenidos y las limitaciones encontradas.

# **1.- CIUDAD, ÁREAS VERDES Y DESARROLLO SUSTENTABLE**

Las áreas verdes han sido un tema que diversos autores como Varesse (2001), Palomo (2003), Nowak et al. (1998), McPherson et al. (1998) y Krishnamurthy y Nascimento (1998), han examinado con relación al papel que juegan en los centros urbanos y su contribución al desarrollo sustentable. De manera general, los beneficios de las áreas verdes se pueden agrupar en tres grupos: sociales, ambientales y económicos, y aunque los ejemplos más evidentes son los espacios abiertos para la recreación como son los parques y jardines, las áreas verdes también ofrecen servicios ambientales como son el mejoramiento del microclima urbano, de la calidad del aire por la absorción del bióxido de carbono y aportación de oxígeno y conservación del agua y suelo, además de los beneficios económicos que pueden representar al reducir consumos de energía eléctrica en edificaciones, realzar el valor de la propiedad inmobiliaria o ser el medio para la producción de alimentos y empleo.

Las áreas verdes urbanas están integradas por diferentes tipos de espacios, desde un pequeño jardín residencial hasta un parque metropolitano, siendo por lo tanto diferentes sus funciones y beneficios a nivel local como a nivel regional, dependiendo de su tipología, características y escalas.

En este capítulo se revisan teorías y modelos con el objetivo de identificar la forma en que han sido referenciadas o modeladas las áreas verdes como parte de la estructura urbana; se examinan diversas clasificaciones de áreas verdes urbanas definiendo una tipología para este estudio; y por último, se analizan los beneficios que representan

este tipo de espacios como elementos que pueden contribuir en la construcción del desarrollo urbano sustentable.

## **1.1.- Las áreas verdes en la configuración de la ciudad**

En sus orígenes las ciudades generalmente estuvieron representadas por estructuras simples con muy pocas funciones, transformándose en el tiempo en sistemas urbanos complejos caracterizados por su dinamismo y constante evolución, producto de la acción de factores tanto endógenos como exógenos, como es la interdependencia que tienen con otras regiones o inclusive con otros países, tal es el caso de la influencia directa que guardan las ciudades fronterizas.

Esta complejidad ha sido la característica del funcionamiento y conformación del espacio urbano contemporáneo y aunque cada ciudad ha desarrollado su propia estructura urbana como producto de su evolución histórica y de sus procesos sociales, económicos, políticos y culturales, se pueden reconocer lógicas de estructuración territorial de los usos del suelo mas o menos similares para ciudades con condiciones de desarrollo análogas, a partir de las cuales se han desarrollado formulaciones teóricas o modelos para analizar el funcionamiento de las ciudades, y sobre este entendimiento tomar decisiones en el proceso de planificación urbana.

Uno de los conceptos utilizados para explicar la organización y componentes de la ciudad, es el referente a la estructura urbana, que sintetiza el entendimiento de la ciudad, simplificando la representación de la realidad basada en el análisis de datos selectivos y utilizado para planificar la forma urbana y estructurar físicamente el territorio, y con ello contribuir al mejoramiento de la calidad de vida urbana.

En este apartado se revisan teorías y modelos que analizan las lógicas de localización de los componentes de la estructura urbana con el objeto de identificar la forma en que han sido referenciadas o modeladas las áreas verdes como uso del suelo o componente urbano. Las formulaciones al respecto se han agrupado en dos tipos: el primero corresponde a las teorías analíticas que tratan de explicar las lógicas de localización espacial urbana y crecimiento de la ciudad; y el segundo corresponde a las formulaciones de tipo propositivo para la estructuración de la ciudad.

### **1.1.1.- Teorías y modelos para explicar la estructura espacial urbana y su crecimiento**

Existen diversos autores que han estudiado el funcionamiento y conformación del espacio urbano, creando diferentes teorías y modelos para analizar y explicar el crecimiento de las ciudades, basando su explicación en una serie de condiciones e interrelaciones de variables urbanas. Durante la década de los setentas surge una gran cantidad de estudios que aportan diferentes enfoques en la explicación de las lógicas de conformación de las ciudades. En este sentido, los trabajos de Korchell (1976), Johnston (1977) y Arreola y Curtis (2003) reúnen una multitud de estudios generados al

respecto, revisando su aplicabilidad y clasificándolos de acuerdo a sus postulados teóricos básicos. En el caso de los primeros dos autores, sus estudios están enfocados preponderantemente a ciudades estadounidenses; mientras que Arreola y Curtis (2003) retoman a autores que se han enfocado más al estudio de las estructuras urbanas en ciudades latinoamericanas y ciudades fronterizas.

Korcelly (1976), señala que es posible agrupar en seis grandes enfoques los diversos estudios que han contribuido a las teorías actuales sobre la estructura espacial urbana y su crecimiento:

- a) Conceptos ecológicos.
- b) Teorías urbanas de uso del suelo y mercado inmobiliario.
- c) Modelos de densidad poblacional.
- d) Modelos de patrones funcionales intraurbanos (o modelos de interacción espacial).
- e) Teorías de redes de asentamientos.
- f) Modelos de difusión espacial.

### **Conceptos ecológicos**

Esta concepción pertenece a las nociones básicas de la ecología humana, donde los estudios se enfocan a explicar la localización de los desarrollos habitacionales a partir de las diferencias en términos de su ingreso, nivel de educación, características demográficas, etc. estableciendo que dichas variaciones son determinadas por las fuerzas ecológicas de la competencia por el espacio y la dominancia que se dan en el tiempo; como parte de este enfoque están los estudios mencionados por Korcelly (1976: 94), de Berry (1971), Rees (1970), y Murdie (1969). Una de las críticas a estos estudios es que los resultados son empíricos con base en las sociedades occidentales y sus tres postulados (diferenciación socioeconómica, familiar y étnica) se refieren a las sociedades occidentales.

### **Teorías de uso del suelo y mercado inmobiliario**

Estas teorías comparten algunos principios con la concepción de la ecología humana como son la competencia y dominancia del espacio, pero conciben los patrones de estructura urbana como un reflejo de los costos de transporte y la renta del suelo urbano, en la que *“cada actividad tiene una capacidad para derivar utilidad de cada sitio en el área urbana; la utilidad del sitio se mide por la renta de la actividad que se está dispuesto a pagar por el uso del sitio”* (Korcelly, 1976:97). Esta teoría se fundamenta en los postulados iniciales de Von Thünen (1826) y es retomada por otros autores como Ratcliff (1949), Alonso (1964) y Garner (1967) citados por Korcelly (1976).

## **Modelos de densidad poblacional**

Se basa en la densidad poblacional intraurbana en términos de la función exponencial negativa de la distancia al centro de la ciudad, que ha sido una de las generalizaciones más comunes en la geografía urbana; la cual depende del tamaño de la ciudad. Generalmente los perfiles de población son explicados en términos de costos de transporte y renta del suelo. Las primeras formulaciones al respecto, como lo cita Korcelly (1976:100), fueron dadas por Bleicher en 1892 y han sido retomadas en el análisis urbano por diversos autores como: Clark (1951), Berry et al. (1963), Romashkin (1967) y Lentz (1974).

## **Modelos de patrones funcionales intraurbanos**

Estos enfoques denominados funcionales, provienen de conceptos de la física social referentes a la interacción humana en el espacio. Estos modelos, cita Korcelly (1976: 102), fueron introducidos en el análisis espacial durante los cuarentas por Stewart (1947) y Zipf (1949) y describen las interacciones humanas en el espacio, a partir de las actividades del hombre y su diferenciación y sucesión en patrones de uso del suelo. Un modelo típico es el llamado de las variables exógenas, como son el tamaño y distribución del empleo básico que sirve para generar el empleo total, la estructura económica y la población total de la ciudad.

## **Teorías de las redes de asentamientos**

Estas teorías han desarrollado tres enfoques-desde la escala regional o interregional hasta la urbana- para interpretar el crecimiento urbano y la estructura de las ciudades. Esto incluye la teoría del lugar central, los patrones de asentamiento lineal y la teoría del área metropolitana; siendo las dos primeras las que hacen mayor referencia a la estructura urbana.

Como lo ha citado Korcelly (1976:104), la posibilidad de transferir la teoría del lugar central a una escala intraurbana fue sugerida por Garrison (1962) y Berry (1963). En contraste con el modelo de lugar central que aplica sobre uno de los componentes de la estructura espacial- el comercio y los patrones de servicio-, el modelo lineal usualmente integra más elementos como lo postulan Isard y Reiner (1962) citados por Korcelly (1976:105), Hubo otras contribuciones de acuerdo a Korcelly (1976), como la de McKenzie (1933) quien demostró que las interrelaciones entre el crecimiento de la ciudad como un organismo económico y su extensión territorial y reagrupamiento de funciones llevan a la conformación de una comunidad metropolitana.

## **Modelo de la difusión espacial en la escala intraurbana**

Muchos de los modelos mencionados anteriormente examinan los patrones espaciales más que los procesos responsables de dicha estructura. Este modelo trata de explicar el proceso mediante el cuál se configura la dispersión del fenómeno urbano sobre el territorio en un período de tiempo.

Estos modelos tienen sus orígenes en los conceptos de diseminación de las culturas y las plantas, la ocupación secuencial y la colonización de fronteras como lo señala Brown (1968) en Korcelly (1976: 105). Más tarde se crean innovaciones, como los modelos de migraciones planteados por Hägerstrand (1969) y de desarrollo de redes de asentamientos locales por Morrill (1965) citados por Korcelly (1976:106).

Por otra parte, existen otras clasificaciones de estudios sobre estructura urbana como la que establece Johnston (1977) que realiza una revisión y clasificación de estudios al respecto y establece que existen tres grandes enfoques en los que se pueden clasificar los modelos relacionados con la geografía urbana para explicar la estructura de las ciudades.

El primero es un enfoque cuantitativo descriptivo, basado en la documentación de la organización espacial de la sociedad; los modelos explicativos son derivados en parte de los economistas neoclásicos que enfatizan el precio del suelo a través de la competencia del mercado, estableciendo los costos extras por la distancia. La descripción de los patrones de uso del suelo basados en este modelo relaciona la ubicación y accesibilidad a través del mecanismo del precio. Se asume que los precios más bajos se localizan en los lugares menos accesibles, incrementando los costos por el transporte.

El segundo es el llamado enfoque del comportamiento, propuesto a mitad de los sesentas, como un ataque a los modelos cuantitativos descriptivos, los cuales proponen que las actividades individuales obedecen a las condiciones de su mundo percibido. Esta tendencia se enfoca más a la interpretación de las decisiones, teniendo fuertes ligas con las filosofías fenomenológicas e idealistas.

El tercero es el enfoque llamado radical y estructuralista, el cual enfatiza las limitaciones que la sociedad como conjunto y particularmente ciertos grupos dentro de ella, imponen en el comportamiento de individuos. Los protagonistas de este enfoque acusan a las dos anteriores de ignorar las realidades del ser humano en la toma de decisión. Sin embargo, esta postura es criticada porque solo estudia los mundos percibidos de los individuos e ignora las limitaciones impuestas sobre ellos por la sociedad. El conflicto es el concepto sobresaliente de este enfoque: el conflicto entre desiguales.

Estos enfoques de acuerdo a Johnston (1977: 83) están representados en la literatura, los cuales tienen sus propias revistas, entre las que se encuentran: *Environment and Planning and Geographical Analysis* para el primero, *Environment and Behaviour* para el segundo y *Antipode* para el tercero.

Por último, otra clasificación de estudios referente a la estructura urbana de ciudades pero enfocada a ciudades latinoamericanas, es el propuesto por Arreola y Curtis (2003), quienes plantean que existen dos principales escuelas al respecto: la dinámica y la descriptiva.

La dinámica incluye aquellos estudios orientados a analizar de que manera las iniciativas de los usuarios y el estado contribuyen en el desarrollo urbano, buscando explicar los patrones de uso del suelo y la distribución de grupos sociales dentro de la ciudad, considerando al suelo urbano como la variable dependiente y enfocándose en la identidad y rol de los tomadores de decisión en la conformación espacial urbana.

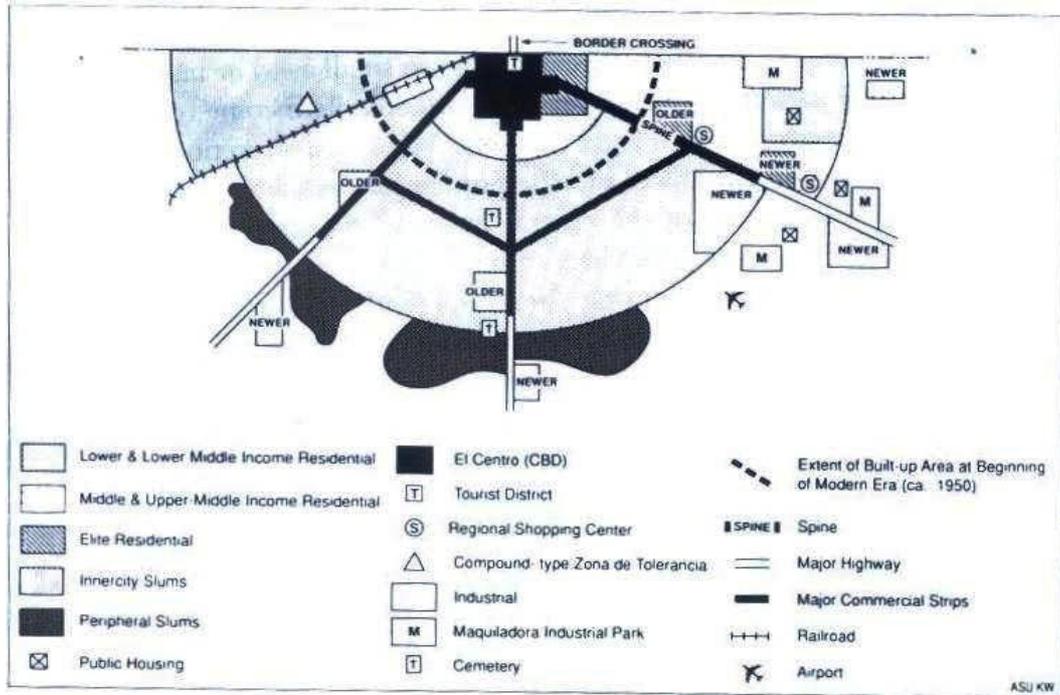
La escuela descriptiva incluye aquellos estudios deductivos, referidos a aspectos que consideran los gradientes de densidad, ecología social y morfología física, para analizar la estructura urbana con relación al uso del suelo y distribución poblacional. Dentro de esta escuela, lo más revelante son los modelos morfológicos asociados con la Escuela de Chicago y los sociólogos urbanos, que conceptualizan el ambiente construido de la ciudad y sus patrones internos de organización. Metodológicamente están basados en la observación directa, la clasificación y delimitación de usos del suelo y técnicas de datos históricos.

Dentro de este enfoque, Arreola y Curtis (2003:60) mencionan que se encuentran los trabajos de Griffin y Ford (1980), Hoffman (1983) y Gildersleeve (1978), autores que han analizado la estructura urbana de ciudades fronterizas y han elaborado diversos modelos de estructura urbana basados en evidencia empírica. Griffin y Ford desarrollaron un modelo a partir de estudios de la ciudad de Bogotá, Colombia, así como en Tijuana, Baja California, quienes afirman que dicho modelo es aplicable a centros urbanos de la región con las mismas características de tamaño y dinamismo.

Aunque el modelo Griffin y Ford ofrece una razonable aproximación de la estructura urbana de las ciudades latinoamericanas y fronterizas, Arreola y Curtis (2003) refieren que ha recibido críticas de diversos autores por sus limitaciones; por ejemplo Hoffman (1983) señala, que este modelo tiene parámetros imprecisos y no establece diferencias entre los usos del suelo comercial e industrial; u otros como Blij and Muller (1988) que señalan que es indispensable incorporar la dimensión del tiempo; mientras que otros como Lowder (1986) opinan que los autores parecen sobre influenciados por la apariencia física externa de la ciudad (citados por Arreola y Curtis, 2003).

En el caso del modelo de Gildersleeve basado en investigaciones de Ciudad Juárez, Nogales y Agua Prieta, y el de Hoffman derivado de las ciudades Tijuana y Ciudad Juárez, Arreola y Curtis (2003) mencionan que estos modelos aunque útiles, son restringidos por ser estáticos y su clasificación de usos reducida, por lo que no son enteramente adecuados para el propósito principal del estudio de ciudades fronterizas; por lo que propone otro modelo basado en un estudio de mapeo e investigación de usos del suelo conducido en 18 comunidades fronterizas, que incorpora una clasificación dinámica, temporal y una clasificación mas amplia de uso del suelo que identifica las características que han aparecido en las últimas décadas del desarrollo de la ciudad (ver figura 1.1-1).

**Figura 1.1-1** Modelo de estructura urbana de ciudades fronterizas de Arreola y Curtis



**Fuente:** Arreola y Curtis (2003).

Este autor se enfoca sobre dos fases de la evolución estructural de estas ciudades: la tradicional, basada en los planos de las ciudades coloniales españolas y su influencia desde la década del XIX y el siglo XX; y la moderna, como consecuencia del crecimiento después de los cuarentas con el desarrollo de la tecnología y los programas y políticas públicas.

Este modelo resume gráficamente los elementos estructurales más comunes mostrando una fuerte orientación sectorial de las dos etapas del desarrollo urbano, el presente y el tradicional, separados por una línea, que representa los límites hasta donde se extiende un área y empieza otra, correspondiente a la moderna.

El modelo muestra la dimensión temporal a través de la identificación de los usos del suelo "viejos" y "nuevos" que han emergido en el período moderno. En este modelo el distrito central rodea al distrito turístico, interconectado por franjas comerciales, incluyendo una columna vertebral que apoya las compras regionales. Las actividades industriales, que gradualmente se han movido del centro a la periferia, se encuentran cerca del ferrocarril y principales carreteras. En el caso de las maquiladoras se encuentran cercanas a la línea internacional y el aeropuerto. En general, la calidad de la vivienda decae conforme se aleja del distrito central de negocios; finalmente, en el

borde de la ciudad, adyacente a las principales carreteras, se encuentran pequeños asentamientos irregulares periféricos con un patrón irregular.

Excepciones a este patrón, son algunos asentamientos humanos irregulares internos, entre la línea del ferrocarril y la línea internacional. En el lado opuesto de la ciudad está una sección prestigiosa separada del resto de la comunidad. Las áreas residenciales altas ocupan un espacio limitado y no están conectadas entre ellas y están presionando hacia los sectores exteriores de la mancha urbana. Finalmente, las viviendas públicas de interés social están situadas cerca de las áreas industriales, especialmente maquiladoras.

Las ciudades fronterizas exhiben ciertas características estructurales que pueden ser distintivas de otras de la región, como son: la configuración peculiar, distritos turísticos, parques industriales, y una alta concentración de arterias viales orientadas hacia las garitas.

A pesar de estas cualidades distintivas entre las ciudades fronterizas y otras ciudades mexicanas y de la influencia de la economía norteamericana, las ciudades fronterizas parecen más congruentes morfológicamente con los centros urbanos de Latino América que con los estadounidenses.

En suma, se puede establecer por una parte que aunque son numerosos los estudios que se han desarrollado para explicar el crecimiento y la configuración de las ciudades, existen coincidencias en la clasificación de enfoques entre los autores examinados. Por ejemplo, el enfoque ecológico mencionado por Korcelly (1976) corresponde a los modelos morfológicos asociados con la Escuela de Chicago referidos por Arreola (2003). De igual manera, el modelo explicativo derivado de los economistas neoclásicos que define Johnston (1977) se relaciona con las Teorías de uso del suelo y mercado inmobiliario que señala Korcelly (1976) y el enfoque de la Escuela dinámica que mencionan Arreola y Curtis (2003). Finalmente de los tres autores analizados, el que presenta una revisión y una clasificación más amplia de estudios es Korcelly (1976).

Por otra parte, las variables principales consideradas en dichos modelos son las relacionadas con aspectos de ingresos y empleo de la población, vivienda, industria, comercio y servicios, renta del suelo y costos del transporte, por lo que las áreas verdes no figuran como componentes urbanos determinantes en la estructuración de los centros urbanos, ni aún en los modelos de Arreola y Curtis (2003) que son un referente más cercano a la realidad de las ciudades fronterizas y que incorporan una visión dinámica de la ciudad, ni en los de enfoque ecológico, ya que su orientación más que ambiental han sido hacia la ecología humana.

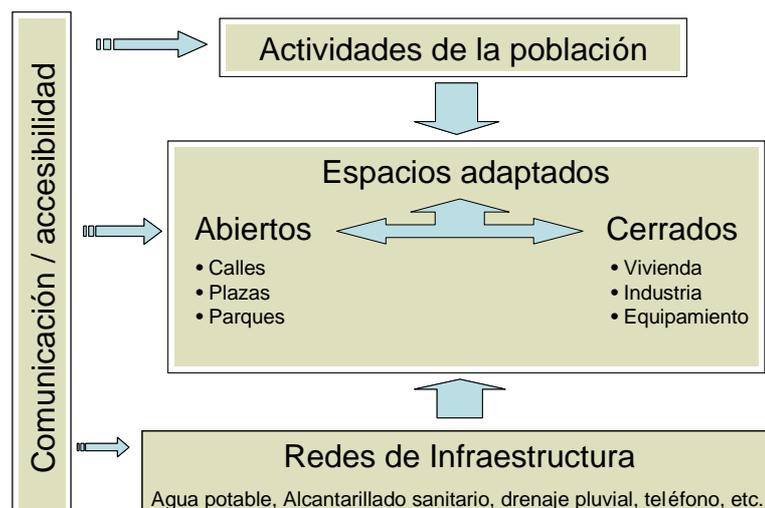
### 1.1.2.- Formulaciones de tipo propositivo para la estructuración espacial de la ciudad

Existen diversos autores en México y Sudamérica que han formulado propuestas para estructurar espacialmente la ciudad, como Ducci (2005), Ainstein (2001), Oseas (1992), Méndez (1993), Corral y Beker (1989), y Schjetnan et al. (1984), así como dependencias públicas encargadas de la planeación urbana como SAHOP (1981), que aunque definen de diversas formas la estructura urbana, coinciden en concebirla como la relación entre la organización espacial de actividades y la estructura física que las aloja, entendiendo que cada una de estas interactúa sobre la otra. Estos autores proponen diferentes clasificaciones de usos del suelo para la estructuración urbana, que se pueden resumir en los siguientes tipos: vivienda, industria, comercio, recreación, oficinas, turismo y alojamiento, rústico y especiales.

Con excepción del planteamiento de Schjetnan, los demás autores consideran las áreas verdes asociadas primordialmente al uso recreacional, consideradas esencialmente como componentes del equipamiento urbano. En este caso los criterios de localización son básicamente establecidos a partir de su relación con la jerarquía vial y el nivel de servicio (sector, distrito o barrio).

En el caso de Schjetnan et al. (1984), las áreas verdes están representadas por un número mayor de elementos como son parques, jardines, plazas, cinturones verdes, y áreas naturales y en su propuesta de estructuración urbana, combina aspectos de función y forma de la ciudad, dándole énfasis a esta última. La estructura urbana se crea a partir de cuatro grandes componentes: las actividades de la población, los espacios adaptados, las redes de infraestructura y la comunicación y accesibilidad (ver figura 1.1-2).

**Figura 1.1-2** Componentes de la estructura urbana de la ciudad



**Fuente:** Elaboración propia con base en el texto de Schjetnan et al. (1984).

Las actividades que realiza la población se llevan a cabo en espacios adaptados para cada tipo de actividad, espacios que son abastecidos por las redes para su funcionamiento.

Los espacios adaptados son aquellos sitios en donde se realizan las actividades de la población que pueden ser abiertos (calles, plazas, parques) o cerrados (vivienda, industria y equipamiento).

Las redes son el conjunto de instalaciones que abastecen y permiten el desalojo de los desechos de los espacios adaptados para el desarrollo de las actividades de la población, y que hacen posible el funcionamiento de la ciudad (red de agua potable, drenaje, electricidad, etc.).

La comunicación son los medios que utiliza la población para desplazarse en la ciudad (vialidades y transporte) y la accesibilidad es la capacidad de aproximación entre los cuatro elementos.

Los movimientos de la población se hacen a través de los medios de transporte y las vialidades. La accesibilidad se genera a partir de la posición de dichos elementos en la ciudad, generando dificultades o facilidades para su interrelación.

Con base en estos elementos, Schjetnan et al. (1984:53) plantea el caso de ciudades cuya estructura física es a partir de plazas y jardines, que generalmente corresponden a ciudades que son parte de la tradición urbana en México, propicias para el encuentro y contacto social, crean microclimas urbanos, tienen una imagen clara y en el caso de los espacios abiertos lineales las zonas naturales son fácilmente accesibles para la población y se dan a partir de una intención de conservar elementos naturales existentes de gran valor ecológico y visual. De esta manera, en la concepción de Schjetnan, las áreas verdes son reconocidas como elementos importantes en la estructuración espacial urbana, aunque la variable económica no está considerada.

En suma, en las formulaciones orientadas a las propuestas de estructuración urbana, las áreas verdes se identifican como componentes generalmente asociadas al uso recreacional, que cumplen una función social y cuyos criterios de localización obedecen básicamente a su relación con otros usos, con la jerarquía vial y los niveles de servicio; sin embargo no se realizan consideraciones en cuanto a los factores económicos, socioculturales y político-administrativos que condicionan el comportamiento espacial de la ciudad.

De manera general, se puede asumir que las áreas verdes urbanas no son modelables, ya que son áreas que surgen como complemento al desarrollo de otros usos, como es el habitacional; con excepción de los grandes parques metropolitanos que están determinados por otras condiciones, como pueden ser de tipo histórico o debido a rasgos físico naturales relevantes.

## 1.2.- Tipología de áreas verdes urbanas

Todo proceso de planificación requiere de conocer el objeto a planificar, por lo que el proceso de planificación de áreas verdes urbanas requiere de inventariar las áreas verdes, clasificarlas y evaluarlas. En este apartado se analizan conceptos, definiciones y clasificaciones de las áreas verdes urbanas, con el propósito de establecer una definición y clasificación adecuada para la planificación de dichas áreas en Mexicali B.C.

El análisis de los conceptos y clasificaciones de áreas verdes se realizó revisando experiencias y referentes teóricos a nivel internacional, nacional y local. En el nivel internacional los principales referentes son de Estados Unidos y Gran Bretaña que son países en la vanguardia de la planeación urbana, regional y ambiental, en donde se crearon las primeras escuelas de planeación (1909) y arquitectura del paisaje (1901) y en los cuales se crean las primeras dependencias encargadas de la protección al medio ambiente como la Environmental Protection Agency (EPA) en 1969 en los Estados Unidos de Norteamérica (Arredondo y Peña, 2005). Estos países más recientemente han sido líderes en movimientos ambientalistas como la iniciativa de las Corredores verdes o “Greenways” (Fabos, 2004; Ahern, 1995; Flink y Searns, 1993). También se revisaron en el ámbito internacional el caso de Venezuela y Chile como un referente próximo a nuestra realidad.

En el ámbito nacional, se revisó la normatividad federal relacionada con áreas verdes como marco general de donde se desprenden las legislaciones estatales y se seleccionó la normatividad de los estados de Chihuahua y Nuevo León por compartir características similares de frontera y de zonas áridas: y en el caso local se revisaron las principales disposiciones para el estado de Baja California, incluyendo a Mexicali por ser el objeto de aplicación.

### 1.2.1.- Analizando términos y definiendo un concepto de áreas verdes urbanas

El tema de áreas verdes y su planificación ha dado pie al surgimiento de nuevos y diversos términos utilizados para definir los diversos tipos de superficies con vegetación en los centros urbanos, como son: “bosque urbano”, “espacios verdes”, “infraestructura verde”, “corredores verdes”, “estructura verde” y “áreas verdes”.

El término de “bosque urbano” (Urban Forest) es un concepto utilizado principalmente en las dependencias gubernamentales e instituciones estadounidenses relacionadas con la forestación urbana. Existen diversas definiciones al respecto (USDA Forest Service, 1999; Georgia Forestry Comisión, 2001), pero básicamente éstas hacen referencia a los bosques urbanos, aunque también comprende todos aquellos árboles y otro tipo de vegetación que crece en lugares donde la gente vive, trabaja y juega, esto incluye los árboles en propiedad pública y privada, en las calles, en áreas residenciales, parques y desarrollos comerciales y en otras partes dentro de la ciudad.

Por otra parte, los “espacios verdes” son un término utilizado comúnmente en el contexto europeo, en países como Gran Bretaña (Varese y Bertelli, 2001; ODPM, 2002; Stephenson-Oliver, 2003), Francia (Bordes-Pagès, 2002) o Austria (Ries et al., 2002), considerados como tierra sin desarrollar, no necesariamente para uso recreacional, que provee una visual positiva y contribución ambiental a los centros urbanos. En el medio urbano los espacios verdes se presentan en una variedad de formas: parques públicos, jardines ornamentales, campos verdes asociados a vivienda, instituciones, propiedades comerciales, industriales y educacionales, campos de juegos privados y públicos, jardines privados, vialidades y ciclistas. Los espacios verdes en los ambientes urbanos tienen un valor paisajístico, ambiental, recreacional y para la fauna silvestre (Cheltenham Borough Local Plan, 1997).

La “infraestructura verde” es definida por Eugster (2000) como el sistema de soporte de la vida natural, que comprende la planeación y manejo estratégicos de la cadena de áreas naturales, parques, corredores verdes y áreas con valores de conservación que proveen el sustento de especies nativas, mantienen los procesos ecológicos naturales, preservan los recursos de agua y aire y contribuyen a la salud y calidad de vida de los habitantes de comunidades.

Eugster (2000) señala que la intención de usar el término de infraestructura es el de elevar las necesidades de los elementos naturales de agua, tierra y aire, al mismo nivel que las necesidades de vialidades, electricidad y redes y de transformar el concepto de este tipo de espacios en algo que “debe haber” en lugar de algo “agradable de tener”.

De acuerdo a Tzoulas et al. (2007), el concepto de Infraestructura verde ha sido introducido como un versión de los sistemas de espacios verdes urbanos, que comprende una red de espacios naturales, semi-naturales y artificiales con multifunciones ecológicas alrededor y dentro de las áreas urbanas, que pueden contribuir a la conservación de la naturaleza y promoción de la salud pública. Además la Infraestructura verde mantiene la integridad del sistema de hábitats y puede proveer las bases para una red ecológica.

Las “vías o corredores verdes” de acuerdo a Viles y Rosier (2001) y a Florida Environmental Department Protection, (2006), son espacios abiertos lineales protegidos para la conservación o la recreación, que generalmente siguen elementos naturales tales como ríos, bordes, cañadas, costas, o elementos artificiales como caminos, canales o líneas del ferrocarril abandonadas y que sirven también para interconectar parques, áreas naturales o sitios culturales e históricos. Bajo este concepto se han conformado diversas asociaciones en las dos décadas pasadas para conectar ciudades con este tipo de corredores ya sea dentro de un país o entre países, como es el caso en Europa, de la Asociación Europea de Vías Verdes (1998), Friends of Czech Greenways (1994), y la Associazione Italiana Greenways (1998) y en los Estados Unidos asociaciones tales como: Woodland Trail Greenway Association (1992), East Coast Greenway Alliance (1991) y los Greenways de Lexington-Fallete (2006).

Botequilha y Ahren (2002) establecen que los Corredores verdes representan un concepto de planeación espacial integrado por una red de elementos lineales que son desarrollados con propósitos múltiples incluyendo los ecológicos, recreativos, culturales y estéticos; pero sobre todo el componente fundamental para la planeación de los corredores verdes es la biodiversidad, dado que constituyen una estructura capaz de soportar las funciones ecológicas fundamentales del paisaje, para lo cual la aplicación de conceptos de Ecología del paisaje es la herramienta de planeación adecuada.

El término “estructura verde” de acuerdo a Lindholm (1999), es un concepto reciente introducido oficialmente en la Ley de Planeación y Edificación de Suecia en 1994, para elaborar programas verdes en ciudades de cierto rango, sin embargo, el concepto aunque novedoso y aceptado, recibió críticas por ser excluyente de las relaciones con otros elementos de la ciudad.

Respecto al término de “áreas verdes”, en México existen diferentes definiciones según las diversas normatividades. La Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP, 1979) define las áreas verdes urbanas como: *aquella vegetación localizada en los espacios públicos, como son: parques, jardines, unidades deportivas, zoológicos, camellones, banquetas, glorietas y otras áreas como plazas o espacios abiertos entorno a edificios de servicio público.*

Sin embargo, esta definición no contempla los espacios abiertos de carácter privado que pueden ser importantes a nivel ciudad, como pueden ser las áreas verdes de centros educativos privados, de empresas o industrias; además de no contemplar elementos naturales que pueden contribuir al mejoramiento ambiental urbano como son ríos, arroyos o cañadas.

La Ley Ambiental del Distrito Federal (DOF, 1996), define áreas verdes como: *La superficie cubierta por vegetación natural o inducida cuyos excedentes de lluvia o riego pueden infiltrarse al suelo natural.*

En el Reglamento Municipal de Ecología y Protección al Ambiente del Municipio de Juárez, Chihuahua (Periódico Oficial del Estado de Chihuahua, 1995), se define como: *la superficie de terreno de propiedad pública o propiedad particular que se destina para la siembra de cualquier especie vegetal con fines ornamentales o de recreación.*

En el Reglamento del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Municipio de Allende, Nuevo León (Ayuntamiento de Allende, 2002), las áreas verdes son: *el área pública o privada provista de vegetación.*

En el Reglamento de Protección al Ambiente para el Municipio de Mexicali, Baja California (POE, 1997) las áreas verdes son: *aquellas áreas que están constituidas por cualquier tipo de vegetación, como árboles, arbustos, plantas florales, plantas rastreras, cactáceas, etcétera.*

En la Fracción V del Artículo 3º del Reglamento de Áreas Verdes para el Municipio de Mexicali (POE, 2005a) se definen las áreas verdes como: *“aquellas zonas que están constituidas por cualquier tipo de vegetación, como árboles, arbustos, plantas florales,*

*plantas rastreras, cactáceas; como son parques urbanos, jardines públicos, zonas de preservación ecológicas y demás áreas análogas existentes, así como glorietas, calzadas, camellones, plazas, isletas, bulevares y panteones”.*

Respecto a las dos definiciones de los reglamentos del municipio de Mexicali, el más reciente (POE, 2005a) es más amplio y parece retomar la definición del primero y complementarla al añadirle los tipos de áreas verdes que pueden representarlas a nivel urbano, sin embargo hace referencia básicamente a áreas verdes de carácter público.

Por otra parte, en el Municipio de Baruta, Venezuela, de acuerdo a su reglamentación que tiene por objeto establecer el régimen de conservación, defensa y mejoramiento de las áreas verdes de carácter público o privado, se consideran éstas como: *aquellas áreas naturales o tratadas sometidas a un régimen especial de administración por razones de equilibrio ecológico, belleza escénica, recreación de la comunidad y bienestar colectivo* (Concejo Municipal de Baruta, 1998).

De esta manera se puede establecer, que en el ámbito nacional e internacional han surgido diferentes términos para denominar a los espacios urbanos donde predomina algún tipo de vegetación y de alguna manera los términos se han regionalizado; así, en el contexto estadounidense el término más comúnmente usado es el de bosque urbano, en Europa es el de espacios verdes y en México son áreas verdes.

De los diferentes términos y conceptos utilizados para definir los diversos tipos de superficies con vegetación en los centros urbanos, se considera que el término de “bosque urbano” es limitativo al relacionarse y enfatizar un elemento en particular, el bosque. Los términos “infraestructura verde” y “corredor verde” se basan primordialmente en la función ecológica y preservación de la biodiversidad para lo cual se requiere que estén articulados en redes, lo que implica que todos los elementos “verdes” deberían estar interconectados entre sí para su óptimo funcionamiento, condición que no es obligatoria para un adecuado funcionamiento en la ciudad, ya que también se puede conformar un sistema a partir de su estructuración jerárquica como es el caso los espacios dedicados a la recreación (jardín vecinal, parque de barrio, parque urbano, etc.). El concepto de “estructura verde” excluye la interrelación con otros elementos de la estructura urbana, lo que conlleva a programas verdes no integrados con la planeación urbana. Un concepto más amplio es el de “espacios verdes urbanos”, que supera la escala bidimensional y está asociado con aspectos de diseño también y cuyos espacios no necesariamente están constituidos por vegetación exclusivamente, sin embargo no es un término usual en nuestra legislación.

El término de áreas verdes urbanas es el más utilizado en la legislación mexicana, seguramente porque está relacionado con aspectos de planeación de los usos del suelo a nivel urbano o con planes de ordenamientos ecológicos y será el término que se adoptará en la presente investigación, sin embargo este concepto está referido a superficies provistas de vegetación primordialmente, siendo que pueden estar constituidas también por otro tipo de instalaciones o edificaciones.

Por lo tanto, se requiere de un concepto de área verde amplio, incluyente de todos los tipos de espacios, por lo que la definición de área verde urbana que se propone y que se adoptará en este estudio es: *aquel suelo localizado dentro de la mancha urbana y/o áreas urbanas periféricas dentro del límite de centro de población constituido predominantemente por superficies permeables como tierra, provistas con cubrepisos, arbustos o árboles y eventualmente otro tipo de superficies impermeables o edificaciones menores, de carácter público o privado, ya sea de origen natural o acondicionado y que pueden desempeñar funciones ambientales, sociales o productivas.*

## 1.2.2.- Marco normativo y tipología de áreas verdes urbanas

Para establecer la tipología de las áreas verdes urbanas se analizaron las clasificaciones definidas en el marco legislativo mexicano y de otros países. Para el caso de México se revisó en el ámbito federal, el Sistema Normativo de Equipamiento Urbano y la Ley de General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, en el ámbito estatal se examinaron la Ley de Protección al Ambiente del Estado de Baja California y la reglamentación del municipio de Mexicali. En el ámbito internacional se revisaron las Guías de Planeación de Gran Bretaña, las ordenanzas en un municipio de Venezuela y la reglamentación del Servicio Forestal en Estados Unidos.

### 1.2.2.1 **Ámbito nacional**

La Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL, 2001), establece en el Subsistema denominado de Recreación y Deporte, del Sistema Normativo de Equipamiento Urbano, una tipología de espacios constituidos por edificaciones y áreas verdes, dedicados fundamentalmente a las actividades de recreación o práctica de algún deporte, el descanso, esparcimiento y convivencia de la población.

El Subsistema Recreación se plantea como indispensable para el desarrollo de la comunidad ya que a través de sus servicios contribuye al bienestar físico y mental del individuo mediante el descanso y esparcimiento, además de que cumple con una función relevante en la conservación y mejoramiento del medio ambiente. Generalmente están constituidos por espacios comunitarios complementados con árboles y vegetación menor, así como diversos elementos de mobiliario urbano.

Este subsistema está integrado por ocho elementos: plaza cívica, juegos infantiles, jardín vecinal, parque de barrio, parque urbano, área de ferias y exposiciones, sala de cine y espectáculos deportivos.

La plaza cívica es un espacio destinado básicamente a la reunión, los juegos infantiles están dedicados a la recreación infantil, el jardín vecinal y parque de barrio propuestos son lugares para el paseo, descanso y convivencia de la población y todos tienen un radio de servicio a nivel barrio o distrito. Mientras que el parque urbano, área de ferias y exposiciones y espectáculos deportivos; son un tipo de equipamiento más especializado cuyo radio de servicio es a nivel ciudad.

El Subsistema Deporte se plantea para la realización de actividades deportivas en forma libre y organizada, contribuyendo al esparcimiento y la utilización positiva del tiempo libre.

Este subsistema está integrado por siete elementos: módulo deportivo, centro deportivo, unidad deportiva, ciudad deportiva, gimnasio deportivo, alberca deportiva y salón deportivo.

El módulo deportivo es un área acondicionada para la práctica organizada o libre de uno o más deportes, el centro deportivo está constituido por un conjunto de canchas al descubierto, el gimnasio deportivo es un espacio a cubierto con instalaciones especiales para realizar actividades principalmente deportivas, así como la alberca deportiva y el salón deportivo que están destinados esencialmente a la práctica libre u organizada de diversos deportes y juegos de salón. Todos estos tipos de equipamiento tienen radios de servicio a nivel barrio o distrito, mientras que la unidad deportiva y la ciudad deportiva son elementos con radio de servicio a nivel ciudad.

Como se puede observar, las categorías establecidas por SEDESOL (2001b) relacionadas con áreas verdes están referidas básicamente a nivel urbano, sin embargo en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) (Leyes y Códigos de México, 2000) las categorías están establecidas en la escala regional urbana.

En la LGEEPA se determinan ocho categorías de áreas naturales protegidas, de las cuáles seis son de competencia federal: reservas de la biosfera, parques nacionales, monumentos naturales, áreas de protección de recursos naturales, áreas de protección de flora y fauna y santuarios; una es de competencia estatal: parques y reservas estatales y una de competencia municipal: zonas de preservación ecológica de los centros de población, cuyas características son:

- a) Las reservas de la biosfera: se constituyen en áreas biogeográficas relevantes a nivel nacional, representativas de uno o más ecosistemas no alterados significativamente por la acción del ser humano o que requieran ser preservados y restaurados, en los cuales habitan especies representativas de la biodiversidad nacional, incluyendo a las consideradas endémicas, amenazadas o en peligro de extinción.
- b) Los parques nacionales: son representaciones biogeográficas, a nivel nacional, de uno o más ecosistemas que se signifiquen por su belleza escénica, su valor científico, educativo, de recreo, su valor histórico, por la existencia de flora y fauna, por su aptitud para el desarrollo del turismo, o bien por otras razones análogas de interés general.
- c) Los monumentos naturales: son áreas con uno o varios elementos naturales, consistentes en lugares u objetos naturales, que por su carácter único o excepcional, interés estético, valor histórico o científico, se resuelva incorporar a un régimen de protección absoluta. Tales monumentos no tienen la variedad de ecosistemas ni la superficie necesaria para ser incluidos en otras categorías de manejo.

- d) Las áreas de protección de recursos naturales: son aquellas destinadas a la preservación y protección del suelo, las cuencas hidrográficas, las aguas y en general los recursos naturales localizados en terrenos forestales de aptitud preferentemente forestal. Se consideran dentro de esta categoría las reservas y zonas forestales, las zonas de protección de ríos, lagos, lagunas, manantiales y demás cuerpos considerados aguas nacionales, particularmente cuando éstos se destinen al abastecimiento de agua para el servicio de las poblaciones.
- e) Las áreas de protección de la flora y la fauna: son los lugares que contienen el hábitat de cuyo equilibrio y preservación dependen la existencia, transformación y desarrollo de las especies de flora y fauna silvestres.
- f) Los santuarios: son aquellas áreas que se establecen en zonas caracterizadas por una considerable riqueza de flora o fauna, o por la presencia de especies, subespecies o hábitat de distribución restringida. Dichas áreas abarcarán cañadas, vegas, relictos, grutas, cavernas, cenotes, caletas, u otras unidades topográficas o geográficas que requieran ser preservadas o protegidas.

En el caso de la categoría de parques y reservas estatales corresponde a los Gobiernos de los Estados su establecimiento, mientras que en el caso de las zonas de preservación ecológica de los centros de población la Fracción V del Artículo 8o establece que “Corresponde a los municipios la creación y administración de zonas de preservación ecológica, parques urbanos, jardines públicos y demás áreas análogas previstas por la legislación local.”

La LGEEPA no establece una definición específica para las zonas de preservación ecológica de los centros de población, sin embargo el Artículo 47 bis (DOF, 2005) determina que para el establecimiento de la Áreas naturales protegidas se realizará una división por zonas para su adecuado manejo, y define las zonas de preservación como: “Aquellas superficies en buen estado de conservación que contienen ecosistemas relevantes o frágiles o fenómenos naturales relevantes, cuyas actividades permitidas son la investigación científica, actividades de educación ambiental y actividades productivas de bajo impacto ambiental”

En suma, con base en esta clasificación y dadas las características de la mayoría de las áreas naturales protegidas, se puede establecer que éstas se localizan generalmente fuera de los centros urbanos, aunque puede darse el caso que parte de ellas se encuentren en zonas aledañas, o como en el caso de las zonas de preservación ecológica que pueden estar dentro de los límites de centro de población, sin embargo como lo menciona la propia ley, en las áreas naturales protegidas no podrá autorizarse la fundación de nuevos centros de población.

Es significativo también señalar que en la normatividad federal, las áreas verdes urbanas no son consideradas como elementos independientes sino que forman parte del equipamiento urbano porque contribuyen al desarrollo de actividades recreativas o

deportivas o porque favorecen la creación de ecosistemas y protección de recursos naturales, en el caso de las áreas naturales protegidas.

### **1.2.2.2 Ámbito estatal y municipal**

De acuerdo a la Ley de Protección al Ambiente para el Estado de Baja California, (POE, 2001b) las áreas naturales protegidas de competencia estatal son de tres tipos: reservas estatales, parques estatales y monumentos naturales estatales. El Artículo 46 establece que: *“las reservas estatales son aquellas áreas biogeográficas relevantes, representativas de uno o más ecosistemas no alterados significativamente por la acción del ser humano o que requieran ser preservadas o restauradas, en las cuales habiten especies representativas de la biodiversidad estatal, incluyendo a las consideradas endémicas, amenazadas o en peligro de extinción. En ellas podrán autorizarse la realización de actividades de preservación de los ecosistemas y sus elementos, de investigación científica y educación ecológica y limitarse o prohibirse aprovechamientos que alteren los ecosistemas”*.

Sin embargo, las áreas naturales protegidas de competencia estatal al igual que las de competencia federal, son áreas que por su naturaleza no se localizan generalmente dentro de los centros urbanos, aunque pueden encontrarse cercanos a éstos.

En referencia al Reglamento de Edificaciones para el Municipio de Mexicali (POE, 1998) está integrado por 9 capítulos y 255 artículos. En el Capítulo Cuarto, Sección II, se establece la clasificación de las edificaciones e instalaciones. A la edificación se le otorga una clasificación general con base a la actividad principal o preponderante de la misma, en relación con el uso del suelo. Las edificaciones e instalaciones se clasifican en siete grandes tipologías: habitacional, equipamiento y servicios, industria, infraestructura, agrícola pecuario y forestal, áreas verdes y espacios abiertos, y áreas naturales protegidas.

Las tipologías relacionadas con áreas verdes son las siguientes:

- a) En el caso de equipamiento y servicios, se encuentra la subclasificación de deporte y recreación definida como las instalaciones donde se realizan actividades deportivas y recreativas, constituidas por los siguientes elementos: centros deportivos, estadios, gimnasio de deportes, campos y canchas deportivas, albercas, salones de ejercicio físico, club deportivo y recreativo, campo de tiro y boliche. En la subclasificación de Diversión y Espectáculos, definida como las edificaciones para la celebración de eventos cívicos y sociales, se mencionan como edificaciones para la recreación social: jardines para eventos, salones para eventos y salones de baile.
- b) En el caso de áreas verdes y espacios abiertos, se incluyen plazas y explanadas, así como parques y jardines desde 500 m<sup>2</sup> hasta mayores de 10,000 m<sup>2</sup>.

- c) Para el tipo agrícola, pecuario y forestal, se incluyen aquellas instalaciones para realizar actividades de cultivo y para el aprovechamiento y explotación renovable silvícola.
- d) En el tipo de áreas naturales protegidas, se incluyen aquellas declaradas por la federación y las declaradas por el estado y municipio.

En el Reglamento de Protección al Ambiente para el Municipio de Mexicali, Baja California (POE, 1997) y en el Reglamento de Áreas Verdes para el Municipio de Mexicali (POE, 2005a), no existe una tipología de áreas verdes, solamente se incluyen sus definiciones.

Como se observa, en la reglamentación municipal, se considera una gama más amplia de áreas verdes con relación a la normatividad federal y estatal, aunque primordialmente son de carácter público.

### **1.2.2.3 Ámbito internacional**

La Ordenanza de Áreas Verdes del Concejo Municipal de Baruta, Venezuela, tiene por objeto establecer el régimen de conservación, defensa y mejoramiento de las áreas verdes de carácter público o privado de uso público que pertenecen al Municipio Baruta, Venezuela, de conformidad a lo establecido en el ordinal 10º del Artículo 36 de la Ley Orgánica de Régimen Municipal (Concejo Municipal de Baruta, 1998).

Para los efectos de la aplicación de esta Ordenanza, se consideran áreas verdes, las áreas naturales o tratadas sometidas a un régimen especial de administración por razones de equilibrio ecológico, belleza escénica, recreación de la comunidad y bienestar colectivo.

Para los fines de la interpretación y aplicación de esta Ordenanza se define y clasifican las áreas verdes en:

- a) Áreas verdes naturales. Aquellas áreas que deben ser reguladas y protegidas de todo uso o aprovechamiento que implique la modificación de sus condiciones naturales.
- b) Monumentos históricos naturales. Áreas verdes y árboles del patrimonio ecológico y cultural del Municipio. Estas áreas no serán modificadas bajo ningún concepto.
- c) Áreas verdes tratadas. Aquellas áreas cuyas condiciones y características naturales permiten su acondicionamiento a los fines del desarrollo de actividades de carácter recreativo, de esparcimiento o disfrute estético tales como:
  - Parques. Espacios abiertos cuyas condiciones físicas, vegetación y topografía combinados con elementos artificiales permiten el desarrollo de actividades de esparcimiento.

- Plazas y paseos. Aquellos espacios abiertos acondicionados para fines recreativos, cuyas características definidas en su respectivo proyecto de urbanismo no permiten el desarrollo de un uso específico.
  - Áreas libres. Aquellas áreas remanentes de una urbanización o parcelamiento, cuyas características definidas en su respectivo proyecto de urbanismo no permiten el desarrollo de un uso específico.
- d) Áreas verdes de protección: Comprende las áreas de resguardo dispuestas a lo largo y ancho de un sitio donde se localizan actividades o existen determinadas condiciones específicas, que requieran de una separación especial con respecto a su entorno inmediato, tales como vías, cauces de agua, gasoductos o líneas de alta tensión.

En el caso de Gran Bretaña en la Guía de Planeación No.17: Planeación de los espacios abiertos, deporte y recreación (ODPM, 2002) se sugiere una tipología jerárquica de espacios verdes urbanos basada en una clasificación de categorías que integra los diferentes tipos de espacios verdes, que tiene la ventaja de permitir diferentes categorías que pueden ser agregadas o subdivididas dependiendo del nivel de detalle que se requiera.

Las cuatro grandes categorías son:

- a) Espacios verdes para el esparcimiento urbano.
- b) Espacios verdes funcionales.
- c) Hábitats seminaturales.
- d) Espacios verdes lineales.

Espacios verdes para el esparcimiento urbano (ODPM, 2002). Son aquellos espacios diseñados en principio como parte del equipamiento urbano de una ciudad tanto para embellecimiento visual como desarrollar actividades recreativas, siendo predominantemente espacios de propiedad y manejo públicos pero también pueden ser privados, pero que contribuyen ambos en la fabricación de los espacios verdes en la ciudad . Los subtipos son:

- a) *Parques y jardines*. Son áreas verdes diseñadas específicamente para acceso público y para el entretenimiento, combinando una serie de paisajes y elementos hortícolas (algunas veces incluye hábitat seminaturales) e instalaciones públicas (incluyendo edificaciones) y en algunos casos incorporan instalaciones deportivas o de juegos. A una pequeña escala pueden incluir jardines comunales. Los parques dependiendo de su área de influencia, naturaleza, superficie y servicios que ofrezca pueden ser: metropolitanos (más de 8 ha), distritales (hasta 8 ha), de barrio (hasta 4 ha) y locales (hasta 1.2 ha).
- b) *Áreas informales recreativas*. Son áreas verdes disponibles para acceso público y entretenimiento pero con una limitada provisión de servicios. Usualmente consisten de pasto para actividades informales recreativas,

pero también pueden tener árboles, juegos infantiles, andadores, y algunas veces sanitarios y estacionamientos.

- c) *Áreas para deporte al aire libre.* Son espacios diseñados para alojar instalaciones deportivas; puede incluir campos deportivos, de juego, de golf u otras actividades al aire libre.
- d) *Áreas de juego.* Son espacios verdes diseñados específicamente para que jueguen los niños, con varios tipos de instalaciones y servicios; pueden estar separadas estas áreas o integradas dentro de parques, áreas de recreación informal o áreas deportivas al aire libre.
- e) *Espacios verdes accesorios o secundarios.* Son espacios que aunque son públicos no tienen una función recreativa clara y tienen escaso valor como hábitat. Su función es usualmente como un paisaje verde con un diseño pobre.
- f) *Jardines domésticos.* Son espacios verdes que generalmente no son de acceso público porque pertenecen a un propietario individual, pero pueden contribuir significativamente en el paisaje urbano la ciudad.

Espacios verdes funcionales (ODPM, 2002). Son espacios verdes cuya función principal no es la recreativa o de servicio, aunque algunas de estas áreas pueden tener acceso público. La función principal puede ser agrícola, hortícola, cementerios u otros usos educacionales o de alguna institución pública. Su acceso generalmente es por acuerdos o por ser derechos de vía. Los subtipos son:

- a) *Granjas.* Son espacios para el cultivo o agrícolas, pueden incluir áreas recreativas o con funciones educativas como las ciudades-granjas.
- b) *Huertas.* Son espacios verdes disponibles para miembros del público que se dedican a cultivar vegetales o frutales para su propio consumo.
- c) *Cementerios.* Son los espacios para entierros incluyendo algunos patios de iglesias.
- d) *Campos escolares.* Son los espacios verdes de escuelas que pueden incluir campos o instalaciones deportivas, áreas de juego, jardines, granjas o espacios verdes secundarios.
- e) *Otros campos institucionales.* Son espacios verdes de edificios públicos como universidades, colegios, hospitales o asociados con desarrollos industriales o comerciales incluyendo jardines, áreas deportivas.

Espacios verdes seminaturales (ODPM, 2002). Son aquellos espacios integrados por hábitats seminaturales. Estos hábitats pueden ser áreas naturales que se preservaron dentro de la mancha urbana de las ciudades o que pueden haber sido creadas por procesos naturales como la colonización y sucesión de plantas en áreas abandonadas o que fueron creadas deliberadamente por iniciativas como de forestación urbana o restauración de tierras abandonadas. Todos estos hábitats contribuyen de una manera vital al paisaje urbano y pueden ser o no accesibles al público.

- a) *Humedales*. Son espacios verdes integrados predominantemente por hábitats húmedos, incluyendo cuerpos de agua, ciénegas, pantanos o arroyos con vegetación riparia.
- b) *Bosques*. Toda clase de bosques incluyendo desde los más antiguos hasta los más recientes, ya sean plantaciones o cinturones verdes.
- c) *Páramos o brezales*. Son áreas consistentes principalmente de especies ericáceas, que pueden incluir pasto o arbustos de brezales.
- d) *Pastizales*. Son áreas no agrícolas como praderas o pastizales calcáreos, pueden incluir vegetación establecida para restaurar áreas abandonadas, pero que no forman parte de espacios verdes recreativos.
- e) *Campos alterados*. Es tierra que ha sido alterada por desarrollos previos u otro uso del suelo y que se encuentra en abandono, con basura o desperdicios pero que empieza a ser recolonizada por un proceso de sucesión natural.

Espacios verdes lineales (ODPM, 2002). Son aquellos espacios que se presentan en asociación con elementos lineales especialmente con rutas de transporte como caminos, trenes y canales, pero también con ríos y arroyos. Su principal diferencia con los espacios verdes seminaturales o los espacios verdes funcionales es su característica lineal y que generalmente son parte estratégica de la estructura urbana de una ciudad.

- a) *Ríos y canales*. Son espacios verdes que se desarrollan a lo largo de las márgenes de canales o ríos y forman parte del corredor.
- b) *Corredores de transporte*. Son áreas verdes asociadas con algún tipo de transporte como son caminos, vías del ferrocarril, ciclistas o andadores peatonales, generalmente incluyen pasto, arbustos y árboles.
- c) *Otros elementos lineales*. Son áreas verdes a lo largo de acantilados, costas, etc.

Cada una de las tipologías mencionadas aportan elementos para caracterizar las áreas verdes urbanas, sin embargo presentan limitaciones para realizar un inventario completo de las mismas; la mayoría no diferencia entre las de carácter público o privado, otras solo hacen referencia a los espacios dedicados a la recreación y/o el deporte y en el caso de las internacionales no son totalmente acordes a la normatividad jurídica del país.

Es significativo también mencionar que las clasificaciones analizadas refieren la ubicación de las áreas verdes en distintas escalas geográficas: la mayoría corresponden a una localización intraurbana que pueden tener diferentes graduaciones jerárquicas (sitio, distrito, ciudad), y otras por sus características refieren una escala regional.

Por lo tanto, considerando los conceptos de las clasificaciones antes mencionadas se propone la siguiente tipología de áreas verdes urbanas, en la que se renombran,

agregan y adecuan categorías, denominadas ahora sistemas. El sistema de Equipamiento urbano se ajustó al Sistema Normativo de Equipamiento Urbano de la SEDESOL (2001b) en lo referente a los subsistemas de Recreación y Deporte; el Sistema de Áreas verdes naturales y naturales acondicionadas se adecuó a las categorías establecidas en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (DOF, 2005) y la Ley de Protección al Ambiente para el Estado de Baja California (POE, 2001b); y los Sistemas de Áreas verdes productivas y privadas se ajustaron a la categorización definida en el Reglamento de Edificaciones del Municipio de Mexicali (POE, 1998) y por último todos los componentes de los sistemas se integraron en dos grandes grupos de acuerdo al tipo de propiedad, en públicos y privados (ver tabla 1.2-1).

**Tabla 1.2-1** Tipología de áreas verdes urbanas propuesta

Tipo	Sistema	Subsistema	Elemento
P Ú B L I C O S	Áreas verdes para el equipamiento urbano	Recreación	Plaza cívica, Juegos infantiles, Jardín vecinal, Parque de barrio, Parque urbano, Área de ferias y exposiciones y Espectáculos deportivos.
		Deporte	Módulo deportivo, Centro deportivo, Unidad deportiva, Ciudad deportiva, Gimnasio deportivo, Alberca deportiva, Salón deportivo.
		Otro tipo de Equipamiento	Centros educativos Áreas verdes entorno a edificios públicos Cementerios
	Áreas verdes funcionales	Vial	Camellones Glorietas Banquetas Corredores verdes
	Áreas verdes naturales y acondicionadas	Natural	Áreas naturales protegidas federales, estatales o municipales. corredores riparios Ríos, cañadas, colinas, cuerpos de agua
		Acondicionado	Ríos, canales, drenes, presas, cinturones verdes
P R I V A D O S	Áreas verdes productivas	Agropecuario	Parcelas cultivadas Granjas Viveros
		Industrial	Parques industriales Zonas industriales
		Comercial	Centros comerciales, corredores comerciales.
		Turístico	Complejos turísticos Hoteles
	Áreas verdes privadas	Habitacional	Jardines residenciales, patios, frentes de predios.
		Otros de acceso privado	Campos de Golf Clubes deportivos Cementerios Áreas verdes entorno a edificios de oficinas o centros educativos Predios baldíos

**Fuente:** Elaboración propia.

### 1.2.3.- Definiendo una tipología de áreas verdes urbanas

La naturaleza de la tipología depende en gran medida del uso que se le dará. En este caso la clasificación propuesta responde a la necesidad de contar con un marco de referencia que permita inventariar todos los diversos tipos de áreas verdes en los centros urbanos, atendiendo el concepto de áreas verdes urbanas de una manera amplia.

Esta tipología se adecua al marco legislativo y normativo existente y divide todas las áreas verdes urbanas en cinco grandes sistemas, que se subdividen en doce subsistemas que comprenden alrededor de 50 elementos. Los sistemas son: Áreas verdes para el equipamiento urbano, Áreas verdes funcionales, Áreas verdes naturales y naturales acondicionadas, Áreas verdes productivas y Áreas verdes privadas.

Áreas verdes para el equipamiento urbano comprende tres subsistemas: Recreación, Deporte y Otro tipo de equipamiento; los dos primeros se refieren a aquellos espacios a través de los cuáles se contribuye al bienestar físico y mental del individuo mediante el descanso, esparcimiento o práctica de algún deporte, con áreas donde predomina la vegetación. También incluye todos aquellos espacios verdes que formen parte de otro tipo de equipamiento urbano.

Áreas verdes funcionales comprende aquella vegetación que forma parte de la estructura vial de la ciudad, localizada en camellones, banquetas, glorietas o taludes. También incluye corredores verdes de comunicación desarrollado con fines recreativos y/o para realizar desplazamientos cotidianos también denominados utilitarios, sobre infraestructura no accesible a vehículos motorizados.

Áreas verdes naturales y acondicionadas en la categoría de espacios verdes naturales están comprendidos las áreas naturales protegidas correspondientes a: Áreas de protección de flora y fauna, Parques y Zonas de preservación ecológica de los centros de población, establecidas en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al ambiente; así como las establecidas en la Ley de Protección al Ambiente para el Estado de Baja California que son: Reservas estatales, Parques estatales y Monumentos naturales estatales. También se incluyen aquellos elementos naturales que no han sido alterados como ríos, cañadas, hondonadas, etc.

La categoría de espacios verdes naturales acondicionados comprende aquellos elementos naturales que han sido modificados en su estado original, como pueden ser ríos, drenes, canales y presas.

Áreas verdes productivas comprende aquellos espacios con vegetación para el desarrollo de actividades productivas como la agropecuaria constituida por parcelas de cultivo urbanas, granjas, viveros, etc.; así como zonas y parques industriales; centros y corredores comerciales, centros turísticos y hoteles con áreas ajardinadas.

Por último, las Áreas verdes privadas comprenden por una parte las áreas ajardinadas habitacionales o domésticas, como patios, jardines y frentes de predios; y por otra la

vegetación que forma parte de edificaciones de carácter privado como oficinas y centros educativos o que requieren de membresía para su acceso como son: clubes deportivos, campos de golf. Aquí también se incluyen predios baldíos que tengan vegetación.

### **1.3.- Sustentabilidad y áreas verdes**

La degradación ambiental, el agotamiento de los recursos naturales, el sobrecalentamiento de la Tierra y los efectos que estos problemas han tenido en la calidad de vida de la sociedad en todos los diferentes planos, global, nacional, regional y local, han producido en las últimas décadas debates acerca de como armonizar el desarrollo económico y social con la conservación de los recursos naturales. En el contexto de la globalización, el paradigma actual del desarrollo que ha sido adoptado por Naciones Unidas, incluyendo México, se le ha denominado Desarrollo Sustentable (DS), que integra estrategias, programas e instrumentos institucionales y legales para su implementación, seguimiento y evaluación.

En este apartado se analiza el potencial que representan las áreas verdes como un elemento que puede contribuir en la construcción del desarrollo urbano sustentable, para lo cual se revisan los antecedentes, el concepto y principios del Desarrollo Sustentable, los procedimientos para evaluarlo a través de indicadores de sustentabilidad y la forma en que pueden contribuir las áreas verdes en el desarrollo sustentable de las ciudades, desde las perspectivas ambiental, económica y social.

#### **1.3.1.- Principios y dimensiones del desarrollo sustentable**

##### **1.3.1.1 Antecedentes, definiciones y concepto del desarrollo sustentable**

La primera iniciativa global en torno a los problemas ambientales y del desarrollo, fue en 1972 durante la Conferencia Mundial de Naciones Unidas sobre el Medio Humano, realizado en Estocolmo, Suecia. Pero no es hasta 1987, cuando la Comisión Mundial de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo adoptó por unanimidad el documento "Nuestro Futuro Común" o "Informe Brundtland", que constituye el acuerdo más amplio entre científicos y políticos sobre los desafíos globales en materia ambiental y el concepto de desarrollo sustentable. Este se definió como *"Aquel que satisface las necesidades esenciales de la generación presente sin comprometer la capacidad de satisfacer las necesidades esenciales de las generaciones futuras"* (INEGI, 2000b).

A partir de 1987 surgieron una serie de foros mundiales de donde han emanado políticas, lineamientos y programas de acción para lograr el desarrollo sustentable: como fueron en 1992 la cumbre mundial de Río de Janeiro en la se aprobó el "Programa de Acción para el Desarrollo Sustentable" conocido como "Agenda 21", en 1996 en Bellagio Italia cuyos aportes son ahora conocidos como los "Principios de Bellagio" y en el 2002 en Johannesburgo, Sudáfrica en la que se establece el "Plan de

Implementación” del desarrollo sustentable y se destacan los problemas ambientales más críticos denominados como “Problemas ambientales globales”, como son: el cambio climático, el efecto invernadero y la disminución de la biodiversidad (Naciones Unidas, 2002).

De esta manera la concepción original del DS ha venido nutriéndose a través de procesos de reflexión y participación social, con enfoques conceptuales y marcos de referencia cada vez más acotados a temas de interés particular, ámbito geográfico y prioridades específicas de cada país, surgiendo diversas definiciones al respecto.

En la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y Desarrollo de 1992, se define el DS como aquel que promueve el mejoramiento de la calidad de vida de las personas y protege el derecho de las generaciones presentes y futuras a llevar una vida saludable y productiva acorde con la conservación de un ambiente sano (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2003).

Para Ruckelshaus (1989), sustentabilidad es la doctrina "emergente" en la que el crecimiento económico y el desarrollo deben tener lugar y mantenerse a lo largo del tiempo, dentro de los límites designados por la ecología en el sentido más amplio.

Según Leff (1995), la sustentabilidad para ser real, objetiva y viable, debe convertirse en un paradigma alternativo, en el cual los recursos ambientales, como potenciales capaces de construir el proceso económico dentro de una nueva racionalidad productiva, promuevan un proyecto social fundado en las autonomías culturales, en la democracia y en la productividad de la naturaleza.

De acuerdo a Donatiello (2001), el DS se refiere al crecimiento social y económico y la protección del ambiente a través de un proceso de integración, lo que significa evaluar las transacciones entre las diferentes dimensiones del DS y el manejo de alternativas.

Cada una de las definiciones matiza algún aspecto de acuerdo a su contexto, pero todas coinciden en que el concepto de DS implica la interrelación de tres dimensiones: la social, la económica y la ambiental y que deben tender hacia un esquema de desarrollo que considere al ser humano como centro o eje de toda estrategia, en la cual el mejoramiento de la calidad de vida se dé con eficiencia productiva y de manera armónica con la preservación de los recursos naturales. Sin embargo, como lo señala Sánchez (2002) el DS para serlo y diferenciarse del simple crecimiento y tecnificación, debe ser endógeno, es decir creado y adecuado a la especificidad local, autogestionado, planificado, ejecutado y administrado por los propios sujetos del desarrollo.

De esta manera, se puede concluir que el DS implica el rediseño de políticas, marco institucional y normativo que conlleven a acciones globales o locales que sean económicamente viables, ecológicamente factibles y socialmente aceptables con una visión de largo plazo e intergeneracional, con énfasis por una parte, en la superación de los déficit sociales, y por otra parte que sus restricciones más importantes deban tener relación con la explotación de los recursos, la generación de desechos y

contaminantes, lo que requiere modificar patrones de consumo para poder mantener y aumentar los recursos base, sobre todo los agrícolas, energéticos, bióticos, minerales, aire y agua.

### **1.3.1.2 Incorporación del concepto del Desarrollo sustentable en México**

Como resultado de las iniciativas de las distintas cumbres mundiales sobre DS, diversos países empezaron a actualizar sus marcos legislativos y normativos, así como establecer programas y acciones para cumplimentar los preceptos establecidos. Al respecto, México crea por decreto presidencial la Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) el 28 de diciembre de 1994 (transformándose en el 2000 en la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) que tiene como función principal el diseño de la política ambiental bajo los criterios del DS; y en 1996 se modifica la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente para incorporar el concepto de desarrollo sustentable (SEMARNAT, 2003).

Por otra parte, en el Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000 se señala la consecución del DS como una prioridad nacional y en el Programa Nacional de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio 2001-2006 (SEDESOL, 2001a), se establece orientar la expresión espacial del desarrollo generando un hábitat en condiciones de sustentabilidad para nuestras generaciones y las futuras.

A partir del establecimiento de los principios del DS, se requería establecer mecanismos para evaluar el cumplimiento de los objetivos establecidos y a los que se habían comprometido los países miembros, por lo que se crea La Comisión de Desarrollo Sustentable de Naciones Unidas para desarrollar un esquema metodológico que evaluara el DS, para lo cual se tuvieron que construir indicadores de sustentabilidad.

### **1.3.2.- Indicadores de sustentabilidad y áreas verdes**

La sustentabilidad demanda de mecanismos para el seguimiento de su instrumentación, por lo que se han desarrollado parámetros de evaluación denominados indicadores, diferentes a los indicadores tradicionales, ya que se requiere que midan no solamente los efectos de un fenómeno sino que sean multifuncionales y establezcan también la interrelación con las causas de una condición específica.

En este apartado se revisan diferentes definiciones de indicadores, los principales indicadores marco en relación con áreas verdes y la aplicación que han tenido a nivel urbano, nacional e internacional.

#### **1.3.2.1 Definiciones y determinación de indicadores de sustentabilidad**

En 1996 la Comisión para el Desarrollo Sustentable de Naciones Unidas publicó un reporte preliminar intitulado "Indicadores del Desarrollo Sustentable" y en 1999 publica

“Los Indicadores del Desarrollo Sustentable: Guías y Metodologías, que son los que se han utilizado para evaluar el DS en diversos países (United Nations, 1999).

Al respecto han surgido diversas definiciones: de acuerdo al Observatorio Mundial Urbano del Centro de Naciones Unidas un indicador es una medición que resume información acerca de un tema en particular, que puede mostrar tendencias, proveer información cuantitativa y cualitativa y ayudar a priorizar y definir metas (United Nations, 1999).

Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), un indicador es un parámetro o valor derivado de parámetros generales que señala o provee información o describe el estado de un fenómeno dado del ambiente o área específica con un significado que trasciende el valor específico del parámetro; así, un indicador es un dato altamente agregado (INEGI, 2000b).

Para Maureen (2000), un indicador es un medio que ayuda a entender donde estamos, que camino debemos seguir y que tan lejos estamos de donde queremos estar. Los indicadores de una comunidad sustentable señalan donde están las interrelaciones de debilidad entre la economía, ambiente y sociedad, permitiendo ver donde están las áreas problemáticas y los caminos para arreglarlas.

Pero uno de los aspectos importantes que destaca Maureen, (2000) es que éstos son diferentes de los indicadores de progreso económicos, sociales y ambientales tradicionales. Los indicadores tradicionales miden los cambios en una parte de la comunidad como si fueran independientes unos de otros. Los indicadores de sustentabilidad reflejan la realidad de tres segmentos que están fuertemente interconectados: el social, el económico y el ambiental.

Por lo tanto, la sustentabilidad requiere de un enfoque con indicadores multifuncionales que no midan solamente los efectos de un fenómeno sino que establezcan también la interrelación con las causas;

### **1.3.2.2 Experiencias de países en la aplicación de indicadores de sustentabilidad a nivel nacional y nivel urbano**

Diversos países han instrumentado el desarrollo de indicadores para evaluar el cumplimiento de los programas y metas del desarrollo sustentable establecidos. En este apartado se revisan los casos de indicadores de sustentabilidad desarrollados en un contexto nacional como el caso de México; e indicadores desarrollados para un contexto urbano como los casos de Italia y Colombia, con el objeto de analizar los temas y tipos de indicadores que determinó cada país como reflejo de sus prioridades y condiciones regionales y locales.

#### **Implementación de indicadores del Desarrollo sustentable a nivel nacional en México**

México al adherirse al Programa de Acción para el Desarrollo Sustentable en 1992 suscrito por los jefes de Estado, se compromete a adoptar medidas en materia de

sustentabilidad, así como también acciones orientadas a la generación de indicadores. De esta manera, entre 1997 y 1999 México participa junto con otros 21 países en la prueba piloto mundial para la elaboración de indicadores de desarrollo sustentable, presentando un informe a finales de 1999 a la Comisión de Desarrollo Sustentable de Naciones Unidas y en el 2000 publica los “Indicadores de Desarrollo Sustentable en México” (INEGI, 2000b).

El objetivo de la prueba piloto era seleccionar un número mínimo de indicadores básicos que de acuerdo a las condiciones particulares de cada país, deberían ser desarrollados para evaluar la sustentabilidad de su desarrollo. En este sentido hay dos situaciones que destacar con relación a las áreas verdes y los Indicadores ambientales, sociales y económicos seleccionados.

Por una parte, se determinó que había indicadores usados muy frecuentemente, otros utilizados por un solo país y otros indicadores nuevos sugeridos por algunos países, resultando como un indicador propuesto los “Espacios verdes urbanos” (United Nations, 1999).

Por otra parte, se identificaron diversos indicadores ambientales, sociales y económicos en cinco capítulos de la Agenda 21 que se relacionan con las áreas verdes, como se puede observar en la tabla 1.3-1.

**Tabla 1.3-1** Indicadores ambientales, sociales y económicos de la Agenda 21 relacionados con áreas verdes

Capítulo de la Agenda 21	Indicadores ambientales	Indicadores sociales	Indicadores económicos
Combate a la deforestación	Variación de la superficie de bosques, % superficie forestal protegida respecto a la total		
Conservación de la diversidad biológica	% superficie protegida respecto a la total, Especies amenazadas respecto a las nativas		
Protección de la atmósfera	Emisiones de gases de efecto invernadero, Emisiones de gases contaminantes, Concentración de contaminantes en zonas urbanas		
Promoción del desarrollo de asentamientos humanos sustentables		Tasa de crecimiento de la población urbana, Consumo de combustible por habitante en vehículo	
Cambio de patrones de consumo			Consumo anual de energía por habitante, Participación del consumo de recursos energéticos renovables

**Fuente:** Elaboración propia con Información de INEGI (2000b).

## **Implementación de indicadores de Desarrollo sustentable a nivel urbano en Italia**

En 1996 Italia inició un programa ambiental para evaluar el desarrollo sustentable, recopilando información de 22 grandes ciudades a través del Instituto Nacional de Estadística de Italia (ISTAT). Los tópicos investigados fueron siete grandes temas: aire, energía, áreas verdes, ruido, transporte, residuos y agua. El marco de referencia analítico utilizado fue el conocido como *Presión-Estado-Respuesta* (PER). En algunos casos debido a la falta de información estadística, los indicadores fueron seleccionados sobre la base del criterio de que fueran comparables y disponibles. Los indicadores seleccionados representaron un importante paso en la determinación de un sistema de indicadores de sustentabilidad ambiental a nivel urbano en Italia (Donatiello, 2001).

Debido a que las áreas urbanas seleccionadas mostraban signos de problemas ambientales, las mayores preocupaciones fueron acerca las condiciones de la calidad del aire, congestión urbano, calidad acústica, recursos limitados de suelo y la situación de las áreas verdes y los espacios abiertos que se mostraban bajo una continua presión y amenaza debido a la competitividad de los usos del suelo. En este sentido, la evaluación del desarrollo sustentable era de crítica importancia, requiriendo de la integración económica, social y ambiental, para asegurar que el desarrollo económico respetara la equidad social y protegiera el medio ambiente.

Los indicadores para medir la sustentabilidad fueron siete, medidos anualmente de 1996 a 1999, tomando en cuenta las siguientes consideraciones para cada uno: aire, transporte urbano, ruido, energía, agua, residuos y áreas verdes.

En el caso de áreas verdes, se estableció el papel importante que juegan en la calidad del medio ambiente, mejorando el clima, reduciendo la contaminación atmosférica, proveyendo de amenidades, beneficios económicos y un mejor paisaje para las poblaciones urbanas. La disponibilidad de los espacios verdes y su accesibilidad variaba considerablemente dependiendo del tamaño de las ciudades, pero la planeación y manejo de dichas áreas era muy importante para lograr un ambiente urbano de calidad. Los indicadores establecidos, cuantificaban la extensión y calidad de las áreas verdes públicas disponibles en las ciudades, así como los programas para mejorar el sistema verde urbano a través de los “Planes Verdes” y su manejo eficiente. Los indicadores de áreas verdes fueron determinados por los patrones de significancia ambiental, integrados por 3 tipos: Calidad ambiental urbana, manejo ambiental y programas de acción urbana, compuestos por parques urbanos, históricos, de barrio, escolares, de juegos, etc. (ver tabla 1.3-2).

## **Implementación de indicadores de Desarrollo sustentable a nivel urbano en Colombia**

En 1999, el Ministerio del Medio Ambiente de Colombia desarrolló el Proyecto “Sistema de Indicadores Ambientales Urbanos” en asociación con la Red de Desarrollo Sostenible (RDS), proyecto ejecutado para el desarrollo del Programa de Fortalecimiento Institucional para la Gestión Ambiental Urbana (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2003).

El establecimiento de sistemas de información de calidad ambiental urbano-regional, y los esquemas de seguimiento a los mismos, denominados Observatorios Ambientales Urbanos, se instrumentaron con el objeto de permitir presentar los indicadores numéricos, gráficos y criterios comparativos que coadyuvaran en la planificación del desarrollo sostenible del país sobre una base suficientemente objetiva, sistematizada y pública. El sistema de información pretendía generar señales precisas a las autoridades ambientales y a la ciudadanía, que permitieran acelerar la gestión y mejorar el nivel de vida de la población urbana.

**Tabla 1.3-2** Indicadores de áreas verdes para localidades urbanas en Italia

Temas	Patrones urbanos de significancia ambiental	Indicadores	Unidades de medida
Áreas verdes	Calidad ambiental urbana	Densidad de áreas verdes públicas	m <sup>2</sup> per capita m <sup>2</sup> per 100 km <sup>2</sup>
		Densidad de áreas verdes por tipología (Parques urbanos, jardines históricos, de barrio, parques de juego, etc)	m <sup>2</sup> per capita
	Manejo ambiental de áreas verdes	Construcción de nuevas áreas verdes	m <sup>2</sup>
		Censo de áreas verdes urbanas en el año	m <sup>2</sup>
	Programas de acción urbana	Implementación de planes de áreas verdes urbanas.	m <sup>2</sup>

**Fuente:** Donatiello (2001).

Se seleccionó un conjunto reducido de indicadores que en consenso se consideraron los más importantes. A este subconjunto de indicadores se le denominó “Núcleo Básico de Indicadores” integrados por 10 temas: agua subterránea, agua superficial, aire, biodiversidad, contaminación visual, energía, población, residuos sólidos, transporte y suelo.

De este núcleo de indicadores se pueden identificar indicadores particulares que destacan por su relación con las áreas verdes, como son:

*Aire.* Los indicadores principales son: Concentraciones de monóxido de carbono, dióxidos de nitrógeno, ozono y dióxido de azufre; emisiones netas de óxidos de nitrógeno, dióxido de carbono y partículas; gastos en prevención y reducción de la contaminación.

*Biodiversidad.* Diagnostica la vegetación y fauna silvestre existentes y permite conocer y cuantificar la diversidad de especies vegetales (árboles, arbustos, hierbas y plantas acuáticas).

*Energía.* Entre los indicadores principales están: Consumo de energía eléctrica por tipo: residencial, industrial y comercial y consumo de energía eléctrica *per cápita*.

*Población.* La densidad de población es un indicador básico, y expresa la concentración de la población humana con respecto al espacio y para entender las repercusiones de este indicador, debe examinarse conjuntamente con la ubicación de los recursos y los sistemas de producción y emisiones al aire y al agua.

*Transporte.* El número de litros de gasolina que se consume al año por persona para el transporte en vehículos de motor en las zonas urbanas es uno de los indicadores principales que mide las emisiones contaminantes del aire.

*Suelo.* En el caso de este indicador básico, se encuentran indicadores específicos de áreas verdes, integrado por los siguientes indicadores: Área de parques/superficie dentro del perímetro urbano; Área protegida y/o ecosistemas estratégicos de la ciudad con relación al área total; Densidad de construcción (Área construida dentro del perímetro urbano/superficie dentro del perímetro urbano); Superficie de espacio público efectivo/habitante; y Superficie de zonas verdes/habitante.

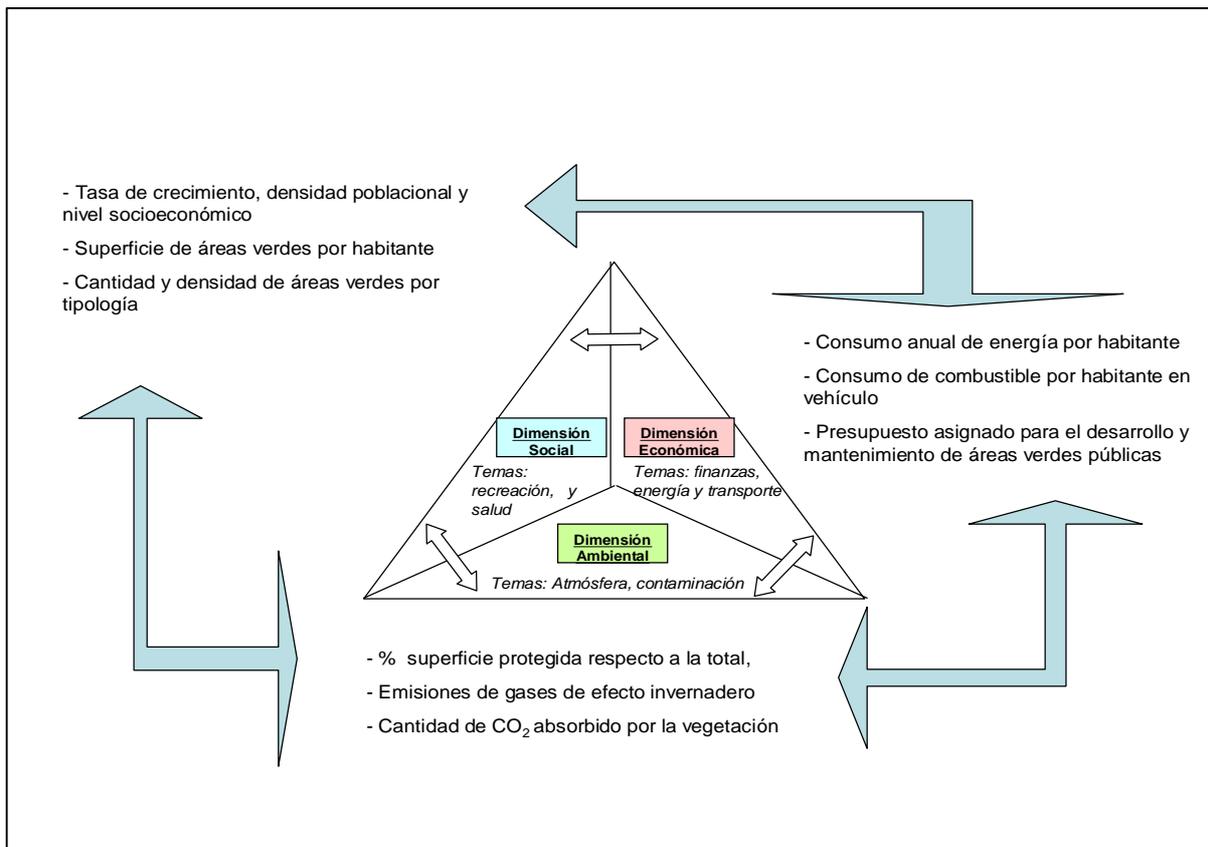
A través de la instalación de los Observatorios Ambientales Urbanos en las ocho principales ciudades de Colombia, este país se ha colocado a la vanguardia en la instrumentación y evaluación del desarrollo sustentable. Las bases de datos instaladas en sitios de internet, amplía la participación ciudadana en la observación, seguimiento y verificación del cumplimiento de los indicadores, incentivando cambios concretos en la realidad ambiental del país.

A partir de la instrumentación de los indicadores para evaluar el desarrollo sustentable a nivel urbano en Italia y Colombia, se observa una gran coincidencia entre ambos indicadores básicos; 7 indicadores utilizados en Italia corresponden directamente con 7 indicadores utilizados en Colombia, y con el resto existe una relación indirecta, identificándose en ambos el tema e indicadores de áreas verdes, como una condición importante para el desarrollo sustentable.

En suma, a partir de los temas marco para la evaluación del Desarrollo sustentable a nivel país y su interrelación con las áreas verdes urbanas examinadas para el caso de México, así como los indicadores a nivel urbano revisados en las experiencias de Italia y Colombia, se propone el siguiente esquema conceptual para la evaluación de las áreas verdes urbanas a través de indicadores de sustentabilidad. Este esquema contempla las dimensiones social, económica y ambiental, con los temas de recreación, salud y transporte para la primera; los temas de finanzas y energía en el caso de la segunda y los temas de atmósfera y contaminación para la tercera. Los indicadores sociales propuestos son: Superficie de áreas verdes por habitante, Cantidad y densidad de áreas verdes por tipología y consumo de combustible por

habitante en vehículo; los indicadores económicos propuestos son: Consumo anual de energía por habitante, Presupuesto asignado y Costos y consumo de agua; y los indicadores ambientales propuestos son: Porcentaje de superficie protegida respecto a la total, Emisiones de gases invernadero y Cantidad de CO<sub>2</sub> absorbido por la vegetación (ver figura 1.3-1).

**Figura 1.3-1** Propuesta de temas e indicadores de sustentabilidad relacionados con las áreas verdes urbanas



**Fuente:** Elaboración propia.

### 1.3.3.- Contribución de las áreas verdes al Desarrollo sustentable

A partir de estudios realizados por diversos autores en el que evidencian la efectividad de la vegetación en el mejoramiento de calidad de las ciudades, se analizan desde las perspectivas ambiental, económica y social la importancia y formas de contribución de las áreas verdes en la construcción del desarrollo sustentable. Desde la perspectiva ambiental se analizan los beneficios que aportan las áreas verdes urbanas, en la remoción del bióxido de carbono y su relación con los gases de efecto invernadero y el

clima; desde la perspectiva económica, se analizan la forma en que pueden contribuir a reducir los consumos de energía eléctrica a través del sombreado así como la reducción indirecta de CO<sub>2</sub> y su impacto económico en la sociedad; y desde el punto de vista social se analiza el papel que juegan como espacios para desarrollar actividades para la recreación y deporte, en la preservación de los valores culturales y su contribución en el mejoramiento de la calidad de vida de la población.

### **1.3.3.1 Perspectiva ambiental**

En este apartado se analizan los beneficios de las áreas verdes urbanas a nivel global y local de los centros urbanos, tomando como referencia las prioridades establecidas en el Plan de Implementación de Naciones Unidas (United Nations, 1999) como son: la protección de la atmósfera, mejoramiento de la calidad del aire urbano y reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

#### **Efecto invernadero y contribución de las áreas verdes en la absorción de bióxido de carbono**

La Tierra mantiene un delicado balance de gases que hacen posible la vida sobre el planeta, los cuales son liberados y removidos de la atmósfera a través de diversas fuentes naturales (Sarmiento y Gruber, 2002). Sin estos gases que crean un efecto denominado invernadero, la tierra sería más fría y estaría toda cubierta de hielo, sin embargo el aumento acumulativo en los niveles de alguno de los gases como es el bióxido de carbono, trae como consecuencia, en el largo plazo, mayor absorción y almacenamiento de calor en la tierra.

El “efecto invernadero” es el fenómeno producido por gases que permiten la entrada de la radiación solar pasando a través de la atmósfera de la Tierra, pero que previenen que la mayoría de la radiación infrarroja de la superficie de la tierra y la baja atmósfera, escape hacia el espacio; lo que ha producido cambios globales climáticos. De acuerdo a Naciones Unidas (United Nations, 1999), los gases que producen el efecto invernadero son aquellos que absorben la radiación infrarroja en la atmósfera, como son las emisiones antropogénicas de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs), clorofluorcarbonos (CFCs), hidroclorofluorcarbonos (HCFCs). Estos gases no se producen de manera natural sino que son producto de las actividades humanas: el CO<sub>2</sub> es liberado cuando se queman combustibles fósiles para producir energía y calor o para mover vehículos automotores; el CH<sub>4</sub> es producto de la descomposición de basura, desechos o plantas de tratamiento de aguas negras; el N<sub>2</sub>O es producto de actividades agrícolas e industriales y los CFCs utilizados como refrigerantes que permanecen inalterados durante décadas en las capas bajas de la atmósfera, invulnerables a la luz visible, prácticamente insolubles en agua, y resistentes a la oxidación.

De acuerdo con Goreau (2003), para determinar el balance del CO<sub>2</sub> en la atmósfera se deben identificar las fuentes de emisión y los elementos receptores o sumideros de carbono. Dentro de los primeros se encuentran: la combustión de combustibles fósiles, la deforestación y destrucción de biomasa, la respiración de las plantas terrestres, la

respiración de los suelos y descomposición por bacterias, hongos y animales y el flujo del océano a la atmósfera. Dentro del segundo grupo se encuentran: la fotosíntesis terrestre, el flujo de la atmósfera al océano y el carbón orgánico enterrado en sedimentos y suelos. Por lo tanto, Goreau asegura que para lograr un balance, por una parte se requiere limitar las emisiones producto de la combustión de combustibles fósiles y la deforestación, y por otra, aumentar las formas de absorber el CO<sub>2</sub>, como son el incremento de la fotosíntesis y almacenamiento de CO<sub>2</sub> en la vegetación, el suelo y sedimentos a través de programas de forestación urbana.

De acuerdo con la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE, 2005), existen dos métodos para realizar el inventario de gases de efecto invernadero: el Método de referencia y el Método por actividades.

El método de referencia estima las emisiones de CO<sub>2</sub> a partir del cálculo del carbono contenido en los combustibles, en donde las emisiones dependen de los combustibles y no de las tecnologías de su aprovechamiento.

El método por actividades estima la emisión de CO<sub>2</sub> y de otros gases de efecto invernadero, en función de la actividad y tecnología bajo la cual la energía es aprovechada. El objetivo es cuantificar las emisiones que se producen a lo largo de las cadenas energéticas (aprovechamiento, transformación, pérdidas y uso final).

Al respecto, uno de los trabajos más completos para la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero, que desarrolla los dos métodos antes mencionados, es el elaborado por el Grupo Intergubernamental de expertos sobre Cambio Climático (IPCC, 1996) integrado por miembros de las Naciones Unidas y de la Organización Meteorológica Mundial, quienes publicaron un manual para el inventario nacional de este tipo de gases procedentes de actividades energéticas; estableciendo una metodología para el cálculo de emisiones de bióxido de carbono procedentes de la combustión de combustibles, que consta de 6 pasos:

1. Estimación de consumo total de combustibles.
2. Conversión a una unidad común de energía.
3. Multiplicación por los factores de emisión para calcular el contenido de carbono.
4. Cálculo de carbono almacenado.
5. Corrección para dar cuenta del carbono no oxidado.
6. Conversión del carbono oxidado a emisiones de CO<sub>2</sub>.

En este manual se incluye un método para calcular las emisiones entre otros gases de: CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O producto de la combustión por el transporte terrestre, definiendo factores de emisión para diferentes tipos de vehículos automotores de gasolina y diesel (IPCC, 1996: 1.62).

Por otra parte existen diversos autores así como dependencias oficiales que han realizado estudios para calcular la absorción de CO<sub>2</sub> por las plantas, como son los trabajos de (Birdsey, 1992), Brandle et al. (1992), Nowak (1994)], McPherson et al. (1998), USDA Forest Service (1999).

En este sentido, Birdsey (1992) ha estudiado el proceso de retención de CO<sub>2</sub> con base en la tasa de almacenamiento de las plantas abajo y arriba del terreno de la biomasa durante el periodo de una estación de crecimiento; explicando como durante la fotosíntesis el CO<sub>2</sub> entra en las hojas a través de los poros, se combina con el agua y es convertido en celulosa, azúcares y otros materiales en una reacción química catalizada por los rayos del sol. La tasa de retención de CO<sub>2</sub> (expresada en el equivalente de CO<sub>2</sub>/árbol/año) está determinada por una ecuación de biomasa basada en la relación de tres características de la planta: altura y diámetro, tasa de crecimiento y tipo de especie.

De acuerdo con McPherson et al. (1998) la cantidad de CO<sub>2</sub> retenida por los árboles es proporcional a su biomasa e influenciada por la cantidad de follaje, densidad y el diámetro del árbol. De esta manera, utilizó el diámetro del tronco de los árboles para calcular la retención de CO<sub>2</sub>, determinando que los árboles pequeños retienen alrededor de 16 kg por año con un diámetro de 8 a 15 cm, mientras que los árboles grandes con un diámetro de 40 a 55 cm pueden retener hasta 360 kg por año.

En el mismo sentido, el Servicio Forestal del Departamento de Agricultura Estadounidense (USDA, 1999) ha realizado estudios al respecto considerando factores tales como tasas de crecimiento y descomposición de árboles, los cuales mediante ecuaciones de biomasa determinan valores de absorción de CO<sub>2</sub>, dependiendo del diámetro y altura de los árboles por zonas de crecimiento de la vegetación.

Nowak (1994), que ha realizado estudios urbanos estadounidenses, señala que la reducción neta anual de CO<sub>2</sub> de las áreas verdes urbanas existentes en la ciudad de Sacramento, fue estimada en 304,000 ton (1.2 ton/ha). El CO<sub>2</sub> producido por los habitantes de Sacramento por actividades como el transporte, uso de energía eléctrica y otras maquinarias es alrededor de 17 millones de toneladas anuales. El impacto neto de las áreas verdes urbanas en retener CO<sub>2</sub> fue del orden del 1.8%. En el caso del programa educativo de 5 años "Amigo de los árboles" en Portland, se estimó que 145,000 árboles maduros plantados en parques, áreas naturales, en calles y en terrenos de escuelas, retendrían 73,000 ton de CO<sub>2</sub> al año.

Por otra parte, Brandle et al. (1992) menciona que las zonas agrícolas son también una oportunidad para almacenar carbono. La agroforestería permite integrar los árboles de las granjas y ranchos, como una práctica que puede adquirir diferentes matices: como barrera rompevientos o como zonas riparias de amortiguamiento. En los Estados Unidos, que hay 185 millones de acres de tierra agrícola (74.87 millones de ha), sugiere que si se plantaran árboles como barreras rompevientos, cubriendo una superficie de 4.6 millones de acres (1.86 millones de ha), el carbono que se puede almacenar basado en una plantación de 20 años sería de 80 millones de toneladas métricas; y que si se plantaran 500 millones de árboles para conservar las zonas

riparias, en donde crecen rápidamente los árboles por la humedad y nutrientes existentes, podrían ser removidos 110 millones de toneladas métricas de CO<sub>2</sub>.

Por último, para reafirmar la importancia de la vegetación con relación a las consecuencias de los gases de efecto invernadero que han producido cambios climáticos, en 1997 se firma el Protocolo de Kyoto en la convención marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático en diciembre de 1997, ratificado por 141 países en febrero de 2005 (WWF/Adena, 2005) en el que se promueve en el Artículo 2 *“la promoción de prácticas sostenibles de gestión forestal, la forestación y la reforestación”*, para limitar y reducir las emisiones de gases que contribuyen al calentamiento del globo en aproximadamente un 5% por debajo de los niveles de 1990 para el período 2008-2012.

### **1.3.3.2 Perspectiva económica**

Entre los temas de la dimensión económica del Desarrollo sustentable se encuentran los recursos financieros, la energía y el transporte. En este apartado se analizan los criterios o métodos que diversos autores han utilizado para evaluar económicamente los beneficios de las áreas verdes urbanas y su forma de contribuir al desarrollo sustentable como son: agregar valor a las propiedades lo que genera mayores impuestos prediales representando recursos para el mantenimiento y creación de espacios verdes, así como la contribución en el ahorro de energía eléctrica por el efecto del sombreado en edificaciones o a través de la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, traduciéndose en beneficios económicos para las comunidades urbanas.

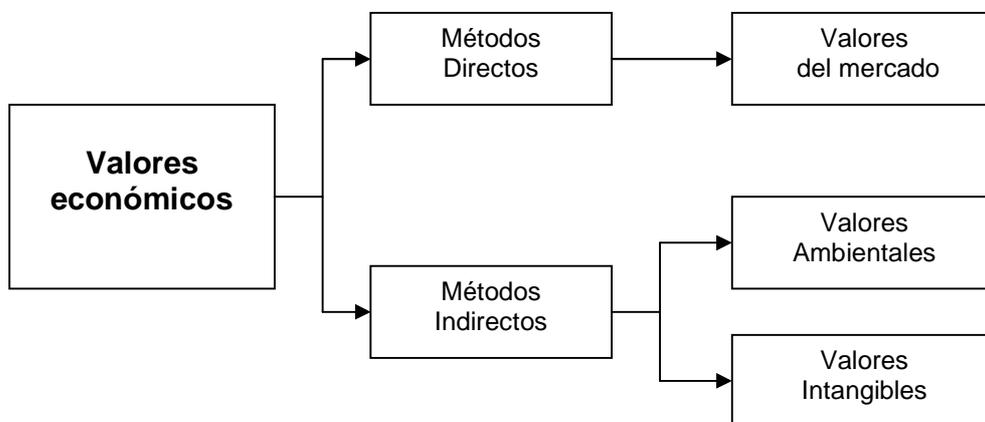
Llevar a cabo una evaluación integral de los valores económicos de las áreas verdes urbanas no es una tarea fácil y presenta diversos retos. En este sentido, Fausold et al. (1996) señala algunas razones: primero, porque las áreas verdes proveen diversas funciones simultáneamente. Segundo, los diferentes tipos de valores son medidos por diferentes metodologías y disciplinas expresadas en diferentes unidades y requieren convertirlas a una unidad en moneda estándar, pero no siempre es posible porque involucran juicios subjetivos. Tercero, los valores generalmente no se pueden sumar y priorizarlos o contarlos doble es siempre un riesgo. Finalmente, también argumenta que no es moral tratar de valorar algo que por definición es invaluable, ya que este tipo de espacios además de los valores monetarios, tienen valores intangibles.

De acuerdo a Rodenburg et al. (2001) los tipos de métodos de valuación económica que pueden ser utilizados para determinar el valor de las áreas verdes urbanas, son diversos y pueden ser agrupados en dos categorías: los directos y los indirectos. Los métodos directos usan “preferencias establecidas” de los consumidores como la base de la evaluación, lo que significa que buscan obtener información de las transacciones que las personas hacen, confrontadas con determinadas situaciones. Los métodos indirectos basan sus evaluaciones en “preferencias ocultas” por los consumidores. Estas transacciones involucran compensaciones o sacrificios de beneficios monetarios por otro tipo de beneficios intangibles o para limitar el uso de los recursos ambientales o ganar algunos beneficios ambientales.

Por lo tanto, calcular el valor económico de los espacios verdes urbanos de una manera completa debe involucrar tanto aquellos valores que se pueden cuantificar y expresar en términos monetarios, como aquellos que no, pero que en conjunto ofrecen una perspectiva de las diversas formas en que pueden contribuir los espacios verdes urbanos ya sea directa o indirectamente al desarrollo sustentable de las ciudades.

Para evaluar los diferentes tipos de valores económicos de los espacios verdes urbanos, se pueden agrupar los diversos métodos de evaluación en directos e indirectos (ver figura 1.3-2).

**Figura 1.3-2** Métodos de evaluación de valores económicos



**Fuente:** Elaboración propia con base en el texto de Rodenburg et al. (2001).

### **Métodos directos**

La forma más directa para medir el valor económico de las áreas verdes urbanas es el mercado inmobiliario, que es el precio que un comprador está dispuesto a pagar por una propiedad a un vendedor en un mercado abierto y competitivo. El mercado inmobiliario ha sido útil en desarrollar una manera para determinar cuando una propiedad está ganando valor a través de los años. Los resultados se basan en comparar los precios originales y los precios de venta o los precios de las propiedades cercanas a espacios verdes comparadas con los precios de propiedades alejadas de los mismos, como lo demuestran los siguientes estudios en ciudades estadounidenses y europeas.

Luther y Gruehn (2001) investigaron en ciudades alemanas que la proximidad a bosques, parques o la existencia de árboles en las calles produjo precios más altos en las propiedades cercanas, aplicando criterios como: distancia del barrio a espacios abiertos, número de jardines dentro de un radio de 500 m, distancia a campos de

juegos y calidad visual de las calles subjetivamente de bienestar. Analizando los datos de los valores del suelo con relación a la distancia a espacios verdes se observó una correlación: los valores del suelo decrecen cuando las distancias a los espacios verdes se incrementan. Los campos de juego revelaron una correlación mayor que la cercanía a parques. Si en la colonia había una zona de juegos los precios eran mayores que donde no los había y conforme la distancia decrecía los valores se incrementaban. Si había jardines en un radio de 300 m los valores del suelo de los predios eran en promedio 20% más caros que aquellos en donde no había.

Otros autores como Nowak et al. (1998) han investigado a través del valor de las ventas de las propiedades como se refleja el beneficio que los compradores asignan a los atributos de la vegetación en una propiedad o cerca de ella. Una encuesta sobre venta de casas unifamiliares en Atlanta, Georgia, indicó que el arreglo de casas con árboles estaba asociado con un aumento de 3.5 a 4.5% del valor de venta. Este incremento del valor de las propiedades generado por la presencia de árboles, también puede producir ganancias económicas para la comunidad local a través de los impuestos prediales. Sin embargo, es importante también considerar que desde la perspectiva del dueño de la vivienda, el aumento del pago de impuestos debido a la vegetación es un costo adicional.

Otro estudio estadounidense en el norte de Filadelfia sobre los valores del suelo alrededor de un parque de 500 hectáreas encontró una correlación estadísticamente alta entre los valores del suelo y la proximidad al parque. Del valor del suelo de la propiedad un 33% de su valor estuvo determinado cuando la cercanía fue de 15 metros, 9% a una distancia de 300 metros y 4% a una distancia de 700 metros, concluyendo que cada hectárea de parque generaba una plusvalía de \$6,500.00 dólares en las propiedades adyacentes. Sin embargo, es importante también considerar, que los parques pueden tener un impacto negativo en los valores de la propiedad local, si estos son percibidos sin mantenimiento o como un lugar que concentre actividades indeseables (Fausold et al., 1996).

En Boulder, Colorado la existencia de cinturones verdes también reflejó un impacto significativo en los valores de las propiedades adyacentes. En tres colonias estudiadas se encontró que las viviendas adyacentes al cinturón verde tenían un valor en promedio 32% mayor que aquellas propiedades a una distancia de 1,000 metros. La relación encontrada fue lineal, un decremento de \$12.60 dólares en el precio de los valores de las propiedades por cada metro que se alejaba del cinturón verde. Así en una de las colonias el valor agregado a las propiedades fue aproximadamente de \$ 5.4 millones mayor que aquellas colonias sin cinturones verdes, resultando un ingreso adicional potencial al año de \$500,000.00 dólares por impuesto predial (Nelson, 1985).

### **Métodos indirectos**

Los métodos indirectos son aquellos que estiman compensaciones de beneficios monetarios por otro tipo de beneficios intangibles, o que estiman los ahorros que se pueden lograr por el efecto de la vegetación como es el caso de la reducción de los

consumos de energía, o se basan en comparaciones del costo de los daños que pudieran resultar si no se realizaran acciones y se recibieran dichos beneficios.

### *El valor de los espacios verdes como sistemas naturales*

Los espacios verdes como parte de los sistemas naturales proveen beneficios directos a las comunidades como son: recarga de acuíferos, control del clima, control de erosión y prevención de inundaciones y abatimiento de la contaminación del aire. Una manera de estimar el valor monetario de tales beneficios es calculando el costo de los daños que resultarían si dichos beneficios no fueran provistos o si el gasto público fuera requerido para construir infraestructura para reponer las funciones de los sistemas naturales.

Como ejemplo se puede mencionar la acción que desarrolló el gobierno de Massachussets, EUA al adquirir 3,400 hectáreas cercanas al río San Carlos para que sirviera como un valle natural de almacenamiento de agua en caso de inundaciones. El costo de adquisición fue de 10 millones de dólares, mientras que el costo de una acción alternativa como construir represas hubiera sido de 100 millones de dólares (De Groot 1994).

Otro ejemplo es el que menciona Cascadia Consulting Group (2000) referente a la ciudad de Seattle, EUA, en donde el sistema de bosques urbanos contribuyó a aumentar el valor inmobiliario de las propiedades por 630 millones de dólares, incrementando los ingresos por impuesto predial aproximadamente en 131 millones de dólares; pero además de los servicios ambientales que brindaron, estimados en 42 millones de dólares por los ahorros anuales por la limpieza de la calidad del aire y reducción de los efectos por las tormentas.

### *Reducción de los consumos de energía eléctrica a nivel urbano*

La reducción de los consumos de energía eléctrica representa un beneficio económico para los gobiernos ya que la inversión destinada para su producción puede ser destinada en otras prioridades del país o la región, así como también representa ahorros para el consumidor, por la reducción de sus consumos; y esto se puede lograr a través de la reducción indirecta de CO<sub>2</sub> y su impacto en la creación de microclimas urbanos y a nivel de las edificaciones.

Las áreas verdes pueden contribuir a reducir los consumos de energía eléctrica particularmente en ciudades con climas extremos donde se requiere de medios mecánicos para el acondicionamiento de las edificaciones. En el caso de ciudades con climas cálidos donde se requiere el uso de aparatos de refrigeración para enfriar las edificaciones, la vegetación de manera directa a través del sombreado o de manera indirecta por medio de la evapotranspiración puede producir un efecto de enfriamiento desde nivel de una edificación, hasta nivel de toda la ciudad, reduciendo el efecto de la "isla de calor", entendida ésta como "la diferencia de temperatura del aire en el área urbana respecto a sus alrededores rurales, siendo siempre mayor en la primera" (Gómez et al., 2001).

Recientemente, el Departamento de Protección del Ambiente de los Estados Unidos, estableció una iniciativa en 1997 para reducir las islas de calor en diversas ciudades, con el objetivo de proteger la salud de la población, reducir los consumos de energía y por lo tanto el nivel de la capa de ozono (Wong, 2002). Dicha iniciativa dio inicio con una investigación para determinar el efecto de incrementar la cubierta vegetal en la ciudad así como cambiar los materiales que absorben calor por aquellos que lo reflejan. Las ciudades seleccionadas en este estudio piloto fueron cinco: Chicago, Sacramento, Salt Lake City, Houston y Baton Rouge; Los ahorros estimados para cada una de las áreas metropolitanas en términos económicos, por la reducción de generación de energía eléctrica en horas de mayor demanda y reducción de emisiones de carbón como resultado de la combinación de estrategias se pueden ver en la tabla 1.3-3.

**Tabla 1.3-3** Ahorros de energía en áreas metropolitanas de EUA (Ahorros directos e indirectos)

Área Metropolitana	Superficie con vegetación (%)	Población (x 1000)	Ahorro anual de energía Millones de (dólares)	Reducción de generación de energía (millones de watts)	Reducción de carbón por año (Kt)
Baton Rouge	28	500	16	135	36
Chicago	26	8,000	30	398	58
Houston	25	4,000	82	734	170
Sacramento	20	1,500	30	339	59
Salt Lake City	33	1,100	4	85	9

**Fuente:** Wong (2002).

En los Estados Unidos una investigación del Departamento de Energía respecto a las temperaturas observadas en diversas ciudades por varias décadas señala que ha habido un incremento en las temperaturas de las ciudades con relación a sus alrededores, es decir ha habido un incremento de la isla de calor, dado que las edificaciones y los pavimentos empezaron a reemplazar las tierras agrícolas, haciendo los veranos cada vez mas calientes. Esta situación causó entre otros efectos un impacto económico por el acondicionamiento o enfriamiento de las edificaciones. Así en ciudades con más de 100,000 habitantes, por cada 0.6°C que aumentó la temperatura, la demanda de energía aumentó de 1.5 a 2.0% en las horas pico. Por lo tanto reducir la carga de enfriamiento por medio del uso de vegetación se convirtió en uno de los programas a implementar a partir de la década de los ochentas. Una de las ciudades que inició con un programa de esta naturaleza denominado “Comunidades Frías” fue Tucson, Arizona con la plantación de árboles para reducir el calor en el verano, iniciando en 1989 con la plantación de 500,000 árboles adaptados al desierto, calculando que cada árbol pudiera ahorrar 227 kWh (\$16.34) a través de la evapotranspiración y 61 kWh (\$4.39) por sombreado directo (U.S. Department of Energy, 1993).

Además el programa fue exitoso porque elevó la conciencia de la comunidad en materia ambiental, ya que participaron prácticamente todos los segmentos de la comunidad, desde los niños de preescolar, hasta los jubilados y personas de la tercera edad, dándoles a todos la oportunidad de ayudar a mejorar su medio ambiente.

### *Reducción de consumo de energía en edificaciones*

Una de las estrategias utilizadas para reducir el consumo de energía eléctrica en edificaciones es el uso de vegetación como elemento sombreante para reducir la carga térmica, más las reducciones por el efecto de evapotranspiración que es la combinación de la transpiración de las plantas y la evaporación de la superficie del suelo, aunque más difícil de medir, pero cuyos impactos pueden producir ahorros de energía significativos.

De acuerdo con el Departamento de Energía de los Estados Unidos (U.S. Department of Energy, 1993), el efecto anual de ubicar apropiadamente árboles alrededor de las viviendas, puede ayudar a ahorrar entre 20% y 25% de los costos de energía, comparados con los costos de una vivienda sin vegetación, inclusive en situaciones específicas los ahorros pueden ser mayores, por ejemplo en el sur de Florida, las estimaciones arrojaron un ahorro hasta de un 40%; de 30% en Sacramento, California; 17% en Phoenix, Arizona y 23% en Lake Charles en Louisiana.

Según Saxena (2003), aunque es difícil cuantificar el enfriamiento del aire a través de la evapotranspiración debido a los patrones de dispersión de la humedad en la atmósfera causados por las turbulencias, existen estudios que han determinado que un árbol puede funcionar como un enfriador evaporativo que usa 360 litros de agua al día. Esta tasa de evapotranspiración equivale a 230,000 kcal/día. Este efecto es la causa principal de las diferencias de temperatura hasta de 5°C de los bosques, comparados con el terreno natural o de la diferencia de 3°C entre un terreno húmedo y con riego y un terreno seco.

Autores como Simpson y McPherson (2002) y McPherson et al. (1998), han investigado ya sea a través de mediciones o de simuladores, como el uso de la vegetación de manera apropiada, puede contribuir a reducir la carga térmica en las edificaciones y por lo tanto los consumos de energía eléctrica, traduciéndose por una parte en ahorros económicos así como en beneficios ambientales, como es el de remover contaminantes del aire.

Simpson y McPherson (2002) en un estudio sobre el impacto de sombreado de árboles en el consumo de energía en 176 edificaciones residenciales en California, EUA, observaron que podía haber ahorros de 156 kWh en promedio por cada árbol maduro al año.

McPherson et al. (1998), por su parte determinó los ahorros estimados por el uso de árboles para mejorar la calidad del aire en California; a partir de implementar en el municipio de Sacramento un programa de sombreado con 500,000 árboles, para mejorar la calidad del aire. En este estudio se aplicó un programa de costo-beneficio

para determinar si los árboles plantados en los patios residenciales podían ser un medio efectivo para mejorar la calidad del aire. Se estimaron los costos de plantación y mantenimiento, depositación de contaminantes y emisiones de hidrocarburos por un período de 30 años. Los resultados estimados fueron que el beneficio promedio anual de contaminantes removidos fue de \$895.00 dólares y el costo de las emisiones de hidrocarburos fue de \$512.00 dólares resultando una remoción neta de contaminantes de \$383.00 dólares por cada 100 árboles plantados.

En suma, respecto a los valores económicos de los espacios verdes urbanos, algunos son fácilmente cuantificables pero otros no, sin embargo y aunque es difícil calcular completamente todos los beneficios, es importante considerar los diferentes valores que pueden proveer los espacios verdes, para tener mayores elementos de juicio en las políticas para su creación y mantenimiento así como elevar la conciencia pública para promover su conservación.

Los programas de forestación urbana que han desarrollado algunas ciudades, se han justificado desde el punto de vista económico por los ahorros que representan la reducción en los consumos de energía eléctrica, lo que se traduce en beneficios económicos para la población y gobierno.

El espacio verde puede ser visto como un bien que no se deprecia y no es reproducible, incrementando sus beneficios a través del tiempo, sin embargo hay que considerar también que los espacios verdes poseen varios valores simultáneamente, algunos de ellos pueden ser negativos, como es un parque urbano intensamente utilizado y pobremente mantenido, lo cual puede hacer decrecer el valor de las propiedades adyacentes. La valuación debe considerar los aspectos positivos y negativos así como su efecto neto.

### **1.3.3.3 Perspectiva social**

Una de las funciones más comúnmente asociadas a las áreas verdes desde la perspectiva social, es la referente a las actividades de recreación y deporte, sin embargo, la dimensión social de las áreas verdes urbanas es más amplia, como lo señala Schroeder (1991), que menciona que se refiere a las formas en que las comunidades urbanas utilizan dichos espacios como parte de sus estilos de vida diaria, los cuales se derivan de observar como los usuarios ya sea en forma individual, familiar o comunitaria, interactúan con dichos espacios. El principio parte de como la gente percibe dichos espacios como ambientes naturales opuestos a los ambientes construidos y como esas preferencias, percepciones, significados y usos de los ambientes urbanos, llegan a establecer profundas ligas psicológicas y emocionales en una comunidad.

Los valores sociales y usos que la comunidad le puede dar a las áreas verdes urbanas son diversos, identificándose cinco grandes grupos, desde los puntos de vista sensorial, estético, simbólico, recreativo y educativo, como son: calidad de vida y bienestar, proveer de una sensación psicológica de relajamiento y confort, de embellecimiento del paisaje urbano, de reforzar la identidad local, facilitar el uso del

tiempo libre en exteriores y dar oportunidades de recreación así como un medio de aprendizaje (Coles y Bussey, 2000).

### **Valor sensorial**

Son diversos los autores (Hull y Harvey, 1989; Ulrico et al.,1991; Parson,1991; Schroeder, 1991 y Dwyer et al., 1994) que han estudiado como los árboles, áreas verdes y parques, producen diversidad de estímulos en las personas, no sólo la estética visual producto del contraste con el ambiente construido, sino también la fragancia de las flores o el aroma de las hojas húmedas asociada al olfato que es un sentido todavía mas fuerte, lo que produce respuestas más emocionales que cognoscitivas, así como la sensación de relajamiento y serenidad que producen los ambientes naturales.

En este sentido, Dwyer et al. (1994) menciona que los árboles son elementos representativos de la naturaleza en la ciudad que proveen de un constante recordatorio del mundo de la naturaleza más allá de la ciudad. Él realizó diversos estudios principalmente en un jardín botánico compuesto por 600 hectáreas de áreas silvestres, pasto y bosques, determinando que el 80% de los encuestados refirieron un fuerte efecto de relajamiento, describiendo su emoción del ambiente como sereno, apacible, descansado, ordenado, en balance. Otras personas refiriéndose a la sensación de estar en un área natural urbana, mencionaban que para ellos era como fantasear acerca de viajar al pasado y experimentar la sensación en el tiempo cuando no había ciudades como las actuales, para ellos el bosque urbano ofrecía la oportunidad de escapar de la rutina diaria y el estrés urbano; como un lugar de belleza, paz, quietud y refugio contra el ruido, contaminación y tráfico desagradable; un bosque representa la calma, tranquilidad en un lugar para reencontrarse; un lugar para contemplar, hacer un alto, usar los sentidos y desligarse de las actividades diarias.

Es importante reconocer que las imágenes de los árboles y bosques no han sido siempre positivas, también han representado imágenes de lo salvaje lleno de bestias y otros peligros. En algunas épocas de los primeros asentamientos los bosques eran una barrera para los cultivos y un lugar para esconderse las fieras. En la actualidad algunas personas sienten miedo de ir a parques urbanos por temor a ser atacadas por criminales o perderse en el bosque o contraer alguna enfermedad. Estos temores pueden hacer que la gente prefiera limitar la densidad de la plantación de árboles alrededor de casas o en algunas partes de la ciudad. Sin embargo, estos miedos pueden ser reflejo de la falta de familiaridad con los bosques y sus orígenes relacionados con ambientes donde la gente se desarrolló. Como señala Schroeder (1991) aquellos que crecieron en áreas suburbanas tienden a sentirse más confortables en un ambiente natural que aquellos que crecieron en la ciudad.

### **Valor estético**

Los ambientes producidos por las áreas verdes urbanas proveen entornos estéticos, aumentan la satisfacción de la vida diaria y dan mayor sentido de relación significativa entre la gente y el medio natural. Los árboles están entre las características más

importantes de contribuir a la calidad estética de calles residenciales y parque comunitarios. Una revisión de la literatura sugiere que la gente prefiere lo natural sobre los paisajes urbanos y tiene especial preferencia por los árboles y el “verde” (Nowak et al.1998, Butterworth y Fisher, 2000).

Kaplan y Kaplan (1990) encontraron en el caso de la población de Seattle, EUA, que las escenas naturales son preferidas sobre las escenas urbanas y que la complejidad no contaba para una mayor preferencia. De las escenas urbanas, la de mayor preferencia fue la que incluía una plaza con pequeños árboles y respecto a la presencia de paisajes naturales, éstos eran preferidos si estaban en algún lugar de la ciudad mejor que cruzando la calle.

Mucho del trabajo de estos autores se ha enfocado a predecir las preferencias públicas con el objetivo de cambiar las prácticas de los programas de forestación, para que sean programas socialmente aceptados, porque el valor de los árboles y áreas verdes involucran más aspectos que el simple hecho de mejorar el ambiente urbano.

### **Valor simbólico**

Los árboles y áreas verdes urbanas tienen profundas ligas emocionales que no pueden ser explicadas a través del incremento en los valores de la propiedad, reducciones de contaminantes, moderación de la temperatura y expresadas por ecuaciones. (Dwyer et al., 1994).

Smardon (1988) describe que las cualidades emocionales también están relacionadas con la función simbólica, sugiriendo que la vegetación natural es la representativa primaria y última de la naturaleza en la ciudad y por lo tanto contribuye a darle al espacio el sentido de lugar.

Los árboles han sido utilizados también en varias culturas para simbolizar la salud, sabiduría o fuerza. En algunas religiones los árboles están ligados simbólicamente a la divinidad y lo humano y la espiritualidad está ejemplificada por los árboles en el jardín; así en la religión cristiana se identifica con el árbol de la vida mientras en el simbolismo hindú representa el despertar de la conciencia divina como una serpiente ascendiendo un árbol y en la budista el árbol representa la sabiduría (Dwyer et al., 1994).

### **Valor para la recreación y el ocio**

El ocio de acuerdo a Luther y Gruehn (2001) consiste en un cierto número de ocupaciones a las cuales puede dedicarse el individuo de forma voluntaria, bien sea para descansar, divertirse o mejorar conocimientos de manera desinteresada o para aumentar su participación voluntaria en la vida de la comunidad tras cumplir sus deberes profesionales, familiares y sociales. El ocio está con relación al nivel socioeconómico de la población, el tener más tiempo libre y más dinero genera mas tiempo para éste y se acrecienta también con el aumento de la movilidad y la educación. En la actualidad el aumento de la movilidad depende más del tiempo que de la distancia.

De acuerdo a Cliff (1982), dentro de las actividades de ocio se encuentran las actividades recreativas pasivas y las recreativas activas. Las actividades pasivas son: observar, descansar, platicar, caminar, tomar el sol, leer, jugar ajedrez o damas; y como actividades activas están: el jugar, correr, realizar algún deporte, andar en bicicleta, patinar, escalar, etc. La necesidad de proveer de espacios recreativos para actividades pasivas y activas en las ciudades, responde no solo a satisfacer la demanda del usuario sino también para aliviar la presión a que se ven sometidas las áreas rurales más vulnerables.

Las áreas verdes urbanas para desarrollar actividades de juego, constituyen una parte esencial en el desarrollo del niño. De acuerdo a Piaget (1990) los niños de los 3 a los 5 años aprenden a coordinar los reflejos corporales, es la edad del juego práctico y de acciones repetitivas cuando descubren sensorialmente el origen de los acontecimientos. De los 18 meses a los 4 años es el juego simbólico o de ficción equivalente al soñar despierto del adulto y de dos y medio a tres años pasan del juego individual al de grupo. De los cuatro a los 7- 8 años comienzan a entender conceptos y hay un intenso interés por los juegos con reglas, es el estadio de desarrollo de las actividades de grupo y los trabajos en equipo. El juego infantil comprende fantasía y vuelos de la imaginación, necesita áreas para explorar con montículos y desniveles. Estos distintos tipos de necesidades incluyen parques de juego, zonas de juego de aventuras y terrenos de juegos en espacios abiertos, que generalmente forman parte de los espacios verdes urbanos.

En México, a nivel federal (SEDESOL, 2001b) se han establecido criterios de dotación de los componentes básicos urbanos para el desarrollo social de la población, que son espacios constituidos total o parcialmente por áreas verdes para el desarrollo de actividades de recreación, la práctica de algún deporte, el descanso, esparcimiento y la convivencia. Esta dotación está establecida en el Sistema Normativo de Equipamiento Urbano, en el Subsistema denominado de Recreación y Deporte.

La importancia de contar con espacios verdes urbanos para la recreación y juegos infantiles en los centros urbanos, es reconocida no solo en las disposiciones normativas a nivel federal, sino también en diversos reglamentos de acciones de urbanización de los estados de la república, en los que se establece la obligatoriedad de dotar con áreas verdes para el juego infantil, descanso y convivencia a los nuevos desarrollos habitacionales, como es el caso en Baja California en el que de manera obligatoria se dona el 3% de la superficie vendible a los ayuntamientos para acondicionarla como área verde (POE, 1971).

### **Valor educativo e identidad regional**

La participación en actividades como la forestación urbana de espacios urbanos o el diseño y construcción de jardines se puede convertir en un medio de aprendizaje para elevar la conciencia ambiental y reforzar la identidad de la comunidad, como pueden ser programas que comprendan desde toda una ciudad hasta un proyecto específico.

En el caso de la ciudad de Tucson en Arizona, se instrumentó un programa de forestación denominado: "Tucson: Ciudad limpia y bella" a través de una organización no gubernamental financiado por el gobierno y la iniciativa privada, el cual fue de acuerdo a su Director Ejecutivo un programa exitoso en elevar la conciencia pública acerca del medio ambiente y también logró propósitos educativos al proveer conocimientos de plantación, fertilización y podas a todos los segmentos de la población participantes, desde personas de la tercera edad hasta niños de preescolar (City of Tucson, 1998).

Otro caso similar es el que reportan McPherson y Johnson (1988), en el caso de la pequeña ciudad de Wellsville, Utah, en el que a través de la participación pública y voluntaria de la ciudadanía, se realizó un programa de forestación urbana, los cuales no tenían una experiencia previa, sin embargo a través del programa se incrementó la conciencia de cómo la vegetación limpia el aire, se ahorra energía, se crean hábitats, y se embellece el atractivo de la comunidad, con lo cual además de los beneficios ambientales se logró reforzar la identidad de la comunidad y la capacitación para su mantenimiento.

En otros casos, el diseño de un espacio pequeño como un jardín escolar ha sido el medio educativo para involucrar a los usuarios como fue el caso del proyecto de un jardín por el Centro Exploratorio de Aprendizaje, para una escuela primaria pública al este de Tucson, Arizona. El diseño, planeación y construcción se realizó involucrando a los niños y maestros de la escuela, lo cual desarrolló un sentido de orgullo y pertenencia entre los participantes y hacia la protección de dicho ambiente (Kim, 2001).

Por lo tanto, aunque la mayoría de los beneficios y costos de las áreas verdes urbanas desde la perspectiva social son frecuentemente difíciles de medir y cuantificar, a través de los estudios realizados por diversos autores queda manifiesto que las comunidades urbanas reconocen el valor que tiene la presencia de vegetación, por las diversas formas en que contribuyen a la calidad de vida de la población en sus diferentes niveles, desde la vivienda hasta los grandes parques urbanos, satisfaciendo diferentes necesidades como son las recreativas, de confort, educativas, salud y psicológicas, y cuyos valores dependen de la interacción que los usuarios tienen con los espacios verdes.

En suma, el Desarrollo sustentable debe integrar acciones para que la sociedad pueda satisfacer sus necesidades económicas y sociales, sin agotar sus recursos naturales, de los cuales finalmente depende. Por lo tanto la sustentabilidad implica patrones de desarrollo y estilos de vida que permitan conjuntar estos tres componentes. En este sentido las áreas verdes urbanas pueden contribuir como una variable más en la construcción del DS, al satisfacer las necesidades sociales de espacios abiertos de las comunidades urbanas, proveer de servicios ambientales para apoyar al saneamiento urbano local y global, y ser económicamente rentables.

## **2.- ENFOQUES, MÉTODOS Y PROCESOS EN LA PLANIFICACIÓN DE ÁREAS VERDES URBANAS**

Los enfoques y métodos para planificar las ciudades, sus espacios abiertos y áreas verdes han sido planteados bajo diferentes concepciones y propósitos a lo largo del tiempo, basándose en normatividades, orientaciones y distintos matices dependiendo de las condiciones de cada época y de cada país, resurgiendo en determinadas épocas como son los movimientos conservacionistas, relegándose en otros, como fue durante los períodos de las guerras mundiales y finalmente influenciados también por programas internacionales o por publicaciones importantes.

De esta manera, la planificación de áreas verdes ha sido enfocada desde dos perspectivas básicamente: desde la perspectiva del paisaje a nivel regional (Botequilha y Ahren, 2001; Fabos, 2004; Forman, 1995; Opdam, Foppen y Vos, 2002; Selman, 2005); y desde la perspectiva urbana. En este capítulo se revisan los antecedentes y las principales iniciativas que ha habido tanto en México como en otros países para la planificación de áreas verdes a nivel urbano, así como los diferentes conceptos y términos que han surgido y los diversos enfoques que se han generado en torno a dicha planificación agrupados en cinco grupos o dimensiones: planificación y diseño; factores tecnológicos, financieros; legales y de participación pública.

## 2.1.- La experiencia en Inglaterra y Estados Unidos

Los antecedentes de planificación de áreas verdes urbanas representadas como parques se remontan al siglo XIX de acuerdo a Laurie (1983). En ese siglo el tema de la planificación y diseño de los parques públicos que era uno de los elementos más representativos de las áreas verdes urbanas, se fundamentaba en cuatro conceptos: el movimiento romántico, la salud pública, la moralidad de las personas y la situación económica.

En el contexto europeo, las ciudades británicas en el siglo XIX estaban generosamente dotadas de parques y de terrenos reservados para tal fin, aunque su localización y planificación no guardaban relación alguna con las necesidades de la población, ya que eran más bien *jardines reales* que tuvieron sus orígenes en el movimiento romántico basado en la observación directa de la naturaleza y en la imitación del paisaje. Sin embargo, el enfoque sobre estos tipos de espacios fue cambiando en el tiempo debido a diversos intereses. Por ejemplo, para aumentar la cotización del suelo y atractivo en el corazón de Londres, John Nash en 1810 proyectó "Regents Park" propiedad de la Corona, con una parte como zona privada y otra parte como zona pública, para que los propietarios o inquilinos se sintieran en una atmósfera de jardín urbano, todavía influenciados por la idea romántica de la naturaleza, pero con un sentido comercial del espacio al ponerlo al alcance de un amplio sector de la población y con una inversión mínima (Laurie, 1983).

Posteriormente, las razones de salud pública tuvieron un peso importante en la designación de áreas verdes, cuando las ciudades industriales estuvieron en plena expansión. En 1843 el Parlamento Inglés promulgó varios decretos encaminados a mejorar la situación de los obreros en los que se concedía aplicar parte de los impuestos para mejorar los sistemas de alcantarillado, saneamiento y construcción de parques públicos, haciendo uso primeramente de este derecho el municipio de Birkinhead para la adquisición y construcción de un parque de 50 ha junto con un desarrollo habitacional, el cual fue un auténtico éxito que marcó el inicio de un período en la creación de parques urbanos en Inglaterra (Laurie, 1983).

Más tarde, uno de los intentos más reconocibles de planificar la ciudad y sus áreas verdes de manera integral fue la propuesta del británico Ebenezer Howard en su primer publicación en 1898 intitulada: *Tomorrow: a Peaceful Path to Real Reform* y reeditada en 1902 con el título de *Garden Cities of To-Morrow*, y que fue la fuente de inspiración para la construcción de una comunidad prototípica llamada Letchworth construida a 50 km. de Londres bajo la guía del mismo autor. El concepto básico partía de construir una *ciudad jardín*, consistente en un poblado diseñado para vivir saludablemente, de un tamaño que hiciera posible la vida social, rodeado por un cinturón verde y zona rural que lo separara de otros poblados, con espaciosos parques públicos y áreas recreacionales y con una noción pública de propiedad de la tierra y de trabajo comunitario (Osborn, 1974).

De acuerdo a Rutherford et al. (1994), la idea de la *ciudad jardín* ha sido una de las nociones que ha influenciado más en la planeación urbana en el siglo XX. El cinturón verde como un espacio abierto de tierra rural para separar una comunidad de otra y asegurar a la población de productos agropecuarios y pasatiempos bucólicos, fue un concepto retomado en Gran Bretaña después de la segunda guerra mundial para la planificación de grandes metrópolis.

En el contexto estadounidense el tema del espacio abierto y los parques urbanos ha experimentado ciclos de atención pública inspirados en motivos similares a los británicos. En la segunda mitad del siglo XIX el programa de parques fue motivado por el naciente movimiento reformista de salud pública promovido en 1842 por Edwin Chadwick en Inglaterra, a través del “Reporte de las condiciones sanitarias de la población trabajadora” que inspiró a investigadores estadounidenses a estudiar las causas de enfermedades y muerte prematura en los distritos pobres de sus ciudades, cuyo legado fueron leyes y reformas de salud pública para el establecimiento de espacios abiertos y parques para proveer a la clase trabajadora con oportunidades de ambientes limpios y para hacer ejercicio.

Ante la carencia de parques públicos en Estados Unidos surgieron personajes como Andrew Jackson Downing, arquitecto paisajista quien expresó en 1848 su inquietud y decidida promoción de los parques públicos: anticipó la idea-al igual que el modelo de Birkenhead- de que la conservación de los parques debía cargarse a los impuestos y aceptó la idea de los parques, como generadores de plusvalía en las fincas colindantes. Además presentó una visión ética del tema, estableciendo que éstos *“fomentarían el amor hacia la belleza del campo y harían crecer el conocimiento y gusto por las plantas, civilizarían y mejorarían el carácter de las gentes y serían un alivio para las calles de la ciudad en donde los peatones pudieran pasear”*, (Laurie, 1983: 100). Downing murió en 1852, pero logró su misión al convencer a la ciudadanía de la necesidad de proyectar parques públicos como fue el caso del concurso en 1858 para elaborar una propuesta de parque urbano en Nueva York, cuyo ganador fue Frederick Law Olmsted con el proyecto del Parque Central.

Olmsted fue un visionario de su época al reservar 337 ha para el desarrollo de un parque, bajo el argumento que:

*“...A la larga, el último reducto donde los habitantes tendrían la posibilidad de contemplar un paisaje natural en la ciudad sería el Parque Central y que sería el lugar donde los obreros que no pudieran disfrutar de unas vacaciones en el campo, podrían hacerlo en su interior...”* (Laurie, 1983:101).

Así, en 1871 se estimó un número de 30,000 visitantes diarios al Parque Central representando alrededor de 10 millones al año. Además de los beneficios para la población, el parque fue un éxito económico. En 1872 se evaluó que el aumento fiscal relacionado con la explotación del parque superaba los 4 millones de dólares el interés anual de los terrenos y las mejoras que se hicieron.

Respecto al concepto de cinturón verde desarrollado inicialmente en Inglaterra, como lo menciona Rutherford et al. (1994) en los Estados Unidos no hubo una contraparte como lo fue en el caso de los parques públicos, pero si fue retomado el concepto de separar los distritos por áreas de espacios abiertos, como lo hizo Charles Eliot en 1899 en el Plan de Boston para la creación de un sistema ligado de áreas naturales y parques para la zona metropolitana; en 1909 en el Plan de Chicago se propuso el establecimiento de bosques regionales para mantener la separación entre el área urbana y suburbana del distrito de Cook; y en 1929 se realiza, bajo la misma concepción, el Plan de la Bahía de Massachussets preparado por la organización de conservación privada "Trustees of Public Reservations." En contraste con las tendencias pintorescas del paisaje y los reformadores de salud pública, surge a principios del siglo XX un movimiento más generalizado en Estados Unidos denominado "Beautiful Cities" o Ciudades Bellas que promovía la creación de monumentales espacios abiertos en los corazones de las ciudades para enaltecer el orgullo cívico. Esta concepción dominó el diseño de centros urbanos y parques públicos las primeras décadas del siglo XX, cuyos legados se pueden apreciar en ciudades como Chicago, Cleveland o Washington D.C.

El movimiento de Ciudades Bellas adoptó posteriormente un período de desarrollo de parques públicos entre 1910 y 1940, ganando ímpetu por el nuevo compromiso del programa de creación de empleos durante la depresión. Hacia 1950 las metrópolis estadounidenses empezaron a experimentar un rápido crecimiento con la consecuente pérdida de espacios abiertos en las nuevas comunidades y los paradigmas pintorescos de las Ciudades Bellas y La Ciudad Jardín declinaron y se volvieron obsoletos, no habiendo un nuevo concepto en el desarrollo de áreas verdes, hasta 1960 cuando se publicó el "Reporte de Espacios Abiertos" por la Asociación Regional de Planificación de Nueva York, que enfocaba nuevamente la atención sobre los espacios abiertos, pero ahora desde la perspectiva recreacional y deportiva. Dado que este tipo de instalaciones tenía primordialmente una función social más que un carácter natural, su utilidad y éxito dependía de su adecuado diseño, por lo que posteriormente se creó la Agencia de Recreación al aire libre en el Departamento del Interior de los Estados Unidos, con lo que se destinaron importantes fondos para el diseño de dicho equipamiento y se generaron normas de dotación y criterios de diseño (Cliff, 1982).

Sin embargo, hasta esa época no estaba presente el componente ambiental como motivo en la planificación de áreas verdes urbanas y es hasta los años setentas cuando emergió una nueva tendencia en Europa y Estados Unidos enlazada con los movimientos ecologistas. Así surgen eventos, hitos singulares y publicaciones que contribuyeron a este nuevo enfoque como son: la aprobación en Estados Unidos de la Ley Nacional de Política Ambiental (National Environmental Policy Act, NEPA) en 1969, que era una ley que defendía el ambiente; el libro de Ian McHarg (1969), *Design with Nature*, que proponía una nueva forma de diseño a partir de las condiciones ambientales; la Conferencia en Estocolmo de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, que llamó la atención sobre los derechos de las personas a contar con un medio ambiente sano y productivo; el Congreso Internacional de Ecología celebrado en la Haya (1974); y los trabajos en los setentas de los precursores holandeses Le Roy, Van Leeuwen y Ruff e ingleses como Nicholson que postulaban

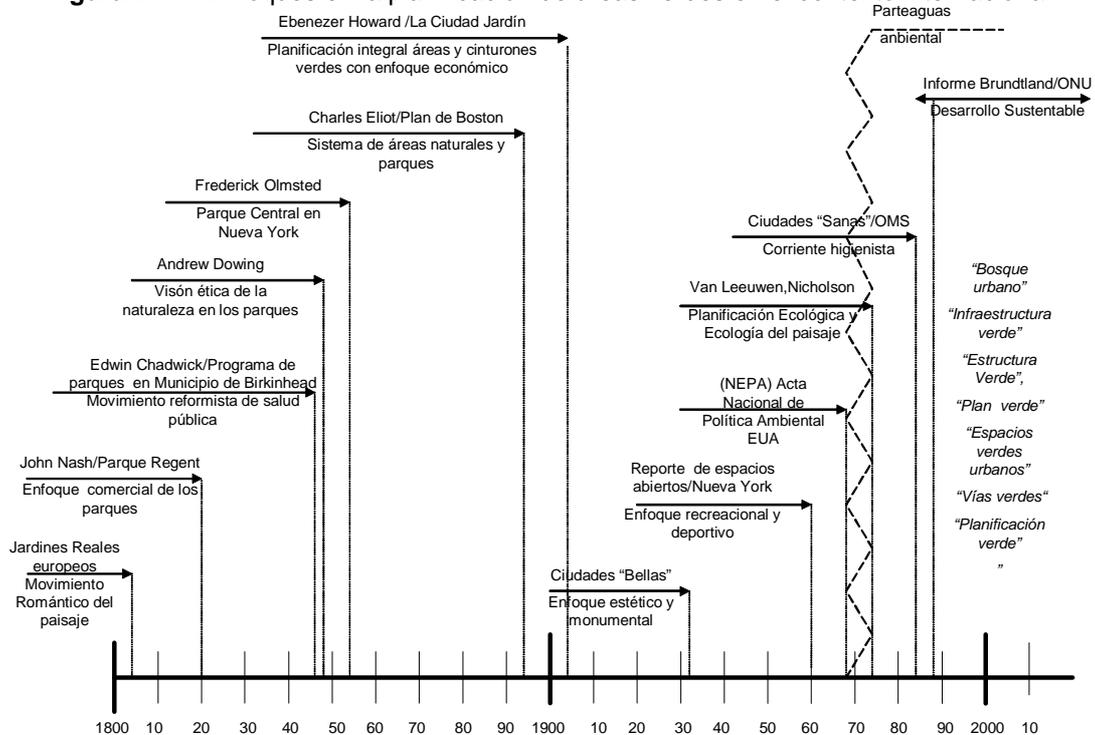
teorías de vanguardia de planificación ecológica y Ecología del Paisaje (Palomo, 2003).

En 1972 surge la primera iniciativa global en la que se manifestaron por primera vez los países desarrollados y en desarrollo respecto a las preocupaciones en torno a los problemas ambientales: la Declaración de Estocolmo en la Conferencia Mundial de Naciones Unidas sobre el Medio Humano, realizada en Suecia, dando pie a la conmemoración el día 5 de junio, como Día Mundial del Medio Ambiente (INEGI, 2000b).

En 1986 por parte del Consejo de Europa se realiza una recomendación para los Estados Miembros sobre los espacios abiertos urbanos, que denuncia la laxitud en la regulación del tratamiento de espacios verdes que *“ha conducido a negligencias en inversiones, servicios y modernización y actitud por parte de las autoridades públicas locales”* y en ese mismo año la Organización Mundial de la salud pone en marcha el programa de Ciudades Sanas, en la línea de las ideas higienistas de la Ciudad Jardín (Palomo, 2003: 15).

En 1987 surge un nuevo paradigma, el Desarrollo sustentable, adoptado por la Comisión Mundial de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo y ratificado por todos los países miembros en foros mundiales subsiguientes, comprometiéndose a establecer medidas nacionales y globales para su instrumentación, generación de indicadores y evaluación de resultados (INEGI, 2000b).

**Figura 2.1-1** Enfoques en la planificación de áreas verdes en el contexto internacional



Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, como lo cita Rutherford et al. (1994), diversos autores han reexaminado las condiciones sociales y ambientales de las ciudades como David Nicholson en “The Greening of the cities” (1987); Tony Hiss en “The Experience of Place” (1990); y Michael Hough en “Out of Place: Restoring Identity to the Regional Landscape” (1992), cuyos enfoques se centraron en el manejo del espacio abierto y las funciones bióticas de dichos espacios.

Finalmente, como producto de los diferentes enfoques surgieron diversos términos para referirse a las áreas verdes (como se señala en el apartado 1.2.1) como son: bosque urbano, infraestructura verde, estructura verde, vías verdes, planes verdes, espacios verdes, etc.

Un resumen de estos movimientos y enfoques puede visualizarse en la figura 2.1-1 en la que se destaca un parteaguas en la década de los setentas, al incorporar la dimensión ambiental en la planificación de áreas verdes urbanas.

## **2.2.- Antecedentes en México y en el Estado de Baja California**

En el contexto nacional, uno de los antecedentes de planificación de áreas verdes- aunque no urbanas- se remonta a 1898 con el decreto con fines de conservación de “El Monte Vedado del Mineral del Chico, Hidalgo” por el presidente Porfirio Díaz, cuyo principal interés era preservar la vida natural silvestre. Posteriormente en 1917, Venustiano Carranza expidió un decreto en el cual “El Desierto de los Leones” se convirtió en parque nacional, siendo la primera área que recibió dicha denominación en México y que funcionó después como un área recreativa para los habitantes de la Ciudad de México. (Lozano, 1988).

Posteriormente se siguen decretando parques nacionales en el país, alrededor de 40 hasta antes de 1960 que es cuando en el estado de Baja California se decreta el primer parque nacional denominado “Constitución” y en 1976 se declara el de “San Pedro Mártir” (CNANP, 2007).

Para proteger dichos parques y en congruencia con los decretos mencionados, a nivel federal se creó en 1982 la Dirección General de Parques, Reservas y Áreas Ecológicas Protegidas en la Secretaría de Ecología y Desarrollo Urbano (SEMARNAT, 2006b).

En el caso de las áreas verdes urbanas, las iniciativas de creación, conservación y mantenimiento de dichas áreas se han identificado con acciones y normatividad surgida principalmente a nivel federal a finales de la década de los setentas e inicios de los ochentas, y a nivel estatal a partir de los noventas, a través de la expedición de reglamentos en donde se manifiesta una preocupación por la protección del medio ambiente, pero principalmente en temas relativos a la conservación de áreas naturales protegidas y la prevención y control de diversos tipos de contaminación, y a partir del 2000 en el estado de Baja California surge la creación de lineamientos más específicos sobre forestación urbana.

## 2.2.1.- Iniciativas jurídicas y principales eventos en el contexto nacional

En 1979 surge una de las primeras iniciativas en el país en cuanto a políticas de forestación y áreas verdes urbanas, como un programa de alcance nacional con aplicación a nivel estatal e impacto a nivel local, a través de la creación de los Ecoplanes, como es el caso del Ecoplan de Tamaulipas y el Ecoplan de Baja California, 4ª Fase, elaborado por la Dirección General de Ecología Urbana de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP, 1979).

El Ecoplan de Baja California diagnostica, pronostica y establece políticas de forestación para las ciudades de Mexicali, Tijuana y Ensenada, enfocándose a recomendaciones de forestación y propuesta de especies vegetales a nivel general, pero sin referencia a espacios urbanos específicos de la ciudad y sin relación al proceso de planificación urbana de la ciudad y la forma de instrumentar dicho programa.

Por otra parte, uno de los instrumentos de planeación para la asignación de áreas verdes en los centros urbanos, fueron los criterios establecidos por SAHOP (1981) en el “Manual para la elaboración de Programas de Desarrollo Urbano de Centros de Población” que establece una dotación -a nivel nacional- de 10 m<sup>2</sup> de área verde por habitante, sin definir las características de dichas áreas e independientemente de las características de la región y la ciudad misma.

En el año de 1984, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) promueve una iniciativa relacionada con áreas verdes en apoyo al proceso de planeación del desarrollo urbano de los centros urbanos del país, al crear el Sistema Normativo de Equipamiento Urbano, que es actualizado 10 años después en 1994 por la recién creada Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL, 2001b). El propósito de este sistema actualizado es apoyar a los procesos de planeación y programación del equipamiento urbano en el ámbito nacional, particularmente a los organismos responsables de la administración del desarrollo urbano, dependientes de los gobiernos estatales y municipales, así como también a los organismos del sector privado, del sector social organizado y de la comunidad en general.

Este sistema, aunque de carácter indicativo, establece los criterios y normas específicas para dimensionar y ubicar adecuadamente las acciones de equipamiento regional y urbano, en congruencia con los lineamientos establecidos para la integración y fortalecimiento del sistema urbano nacional, con lo que se pretende propiciar la distribución más acertada del equipamiento en el territorio nacional.

En este sistema se contemplan doce subsistemas, el caso del Subsistema Recreación, se definen ocho elementos y siete elementos para el Subsistema Deporte, en los cuales una proporción de la superficie total del terreno es destinada para áreas verdes; sin embargo, es importante destacar que los criterios de dotación de áreas verdes están contempladas exclusivamente desde el punto de vista de su función recreativa y como complemento a las instalaciones de cada equipamiento.

A partir de 1982, la política ambiental mexicana comenzó a adquirir un enfoque integral y se reformó la Constitución para crear nuevas instituciones y precisar las bases jurídicas y administrativas de la política de protección ambiental. En este año fue creada la SEDUE, para garantizar el cumplimiento de las Leyes y reorientar la política ambiental del país y en este mismo año se promulgó la Ley Federal de Protección al Ambiente.

En 1987 se facultó al Congreso de la Unión para legislar en términos de la concurrencia a los tres órdenes de gobierno, en materia de protección al ambiente. Con base a esa reforma en 1988 fue publicada la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), en la que se establecen los tipos de áreas naturales protegidas, y como resultado de esta ley, en los tres años siguientes se crean prácticamente todas las Leyes Estatales de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en 31 entidades federativas, con excepción del Distrito Federal que se crea en el año 2000 (SEMARNAT, 2006b).

En 1992, se transformó la SEDUE en la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) y se crearon el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). En 1994, se creó la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), ante la necesidad de planear el manejo de recursos naturales y políticas ambientales de manera integral. En noviembre del año 2000, se cambió la Ley de la Administración Pública Federal dando origen a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) para proteger los recursos naturales e incidir en las causas de la contaminación y de la pérdida de ecosistemas y de biodiversidad (SEMARNAT, 2006b).

Con relación a eventos que han resaltado la importancia de las áreas verdes urbanas, como tema de discusión entre especialistas, en 1996 se llevó a cabo el Seminario Internacional sobre Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe, organizado por el Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible de la Universidad Autónoma de Chapingo, con el fin de establecer lineamientos que sentaran las bases para desarrollar mejores prácticas para el éxito de los proyectos de áreas verdes (Krishnamurthy y Nascimento, 1998).

En la Ciudad de México se realizó el Primer Seminario de Vías Verdes en México en el 2003, cuyos objetivos eran analizar diversas experiencias internacionales de construcción y funcionamiento de vías verdes; así como reflexionar sobre la factibilidad del desarrollo de este tipo de espacios en los ámbitos regional, estatal y municipal, para que desde la perspectiva del rescate del patrimonio histórico y cultural, se crearan estrategias de turismo alternativo, de protección del medio ambiente y promoción de proyectos de desarrollo sustentable (Márquez, 2003).

En el 2003 también, se llevó a cabo en la ciudad de Guadalajara el 3er. Congreso Iberoamericano de Parques y Jardines Públicos en el que se trataron temas relacionados con la percepción del público sobre disponibilidad de espacios públicos, la medición de capacidad de carga en las zonas recreativas, la medición de déficit de espacios públicos, el uso de espacios verdes en apoyo a la educación y cómo las áreas

verdes pueden o apoyan la formación de escolares; en los que se destacó el valor que tienen los parques y jardines desde el punto de vista social y educativo así como consideraciones para su diseño (Ramírez, 2003).

### 2.2.2.- Iniciativas jurídicas referentes a áreas verdes en el contexto estatal de Baja California

Como parte de las iniciativas relacionadas con áreas verdes, a nivel estatal y municipal se encuentran las leyes y reglamentos en materia ambiental, instrumentos de planeación tales como los Programas de Ordenamiento Ecológico y los Programas de Desarrollo Urbano de Centro de Población, así como guías de forestación.

En Baja California, en 1971 durante el gobierno del Ing. Raúl Sánchez Díaz entra en vigor el Reglamento de Fraccionamientos en el estado de Baja California que actualmente es la única normatividad que hace obligatoria la dotación y destino del 3% de la superficie vendible de un fraccionamiento habitacional para área verde (POE, 1971), Sin embargo, sobre todo en las primeras décadas de su aplicación, con dichas áreas no siempre se generaban espacios útiles para la recreación, dado que se donaban espacios residuales de los fraccionamientos. Esta disposición de donar el 3% de la superficie vendible vuelve a ser validada en el Reglamento General de Acciones de Urbanización para el Municipio de Mexicali, publicado en 2001 (POE, 2001c).

En 1992 se emite en el estado de Baja California, la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LEEPA), en la que se establece la clasificación de áreas naturales protegidas integrada por siete tipos: parques estatales, monumentos naturales estatales, áreas estatales de protección de recursos naturales, áreas estatales de protección de flora y fauna, reserva de la biosfera, parques urbanos y zonas sujetas a conservación ecológica (POE, 1992), en la cual sólo los dos últimos tipos corresponden al nivel urbano. En 2001, se abroga esta ley al crearse la Ley de Protección al Ambiente para el Estado de Baja California (POE, 2001b), que reduce los tipos de áreas naturales protegidas a únicamente tres elementos: reservas estatales, parques estatales y monumentos naturales estatales en los que no se hace referencia alguna a las áreas verdes urbanas.

En los ámbitos municipales, entre 1997 y 2004 se crean los reglamentos municipales de Baja California en materia ambiental; en 1997 se publica el Reglamento de Protección al Ambiente para el Municipio de Mexicali (POE, 1997); en 1999 el Reglamento para el Control de la calidad Ambiental del Municipio de Ensenada (POE, 1999); para Tijuana, en el 2001 se emite el Reglamento Municipal de Protección al Ambiente (POE, 2001d); para Tecate en 2003 se publica el Reglamento de Ecología y Medio Ambiente (POE, 2003) y en el 2004 se emite el Reglamento de Protección al Ambiente de Playas de Rosarito (POE, 2004).

Estos reglamentos además de establecer los preceptos para el control y prevención de la contaminación atmosférica, térmica, de ruido, del agua, del suelo y residuos sólidos y criterios de evaluación ambiental, establecen por una parte, la necesidad de elaborar

los Programas de Ordenamiento Ecológicos Municipales (POEM) que son los instrumentos de planificación en materia ambiental, que se enfocan principalmente a la promoción y protección de las áreas naturales protegidas de carácter municipal; y por otra parte, se enuncian los lineamientos para el cuidado, mantenimiento, rehabilitación y restauración de parques, áreas verdes recreativas y paisajes urbanos con valor ornamental, a través de acciones primordialmente de forestación, reforestación y condiciones para el derribo y trasplante de árboles en espacios públicos. Pero en ninguno de estos reglamentos se definen lineamientos para la planificación de áreas verdes a nivel urbano.

En el 2003, el municipio de Mexicali desarrolló una guía de forestación en la que se dan recomendaciones acerca de la plantación de árboles, técnicas de mantenimiento, diseño del jardín y un listado de especies propias para el municipio con sus principales características elaboradas en fichas técnicas (XVII Ayuntamiento de Mexicali, 2003).

La más reciente normatividad en el estado referente específicamente a áreas verdes son los Reglamentos de Forestación para el Municipio de Tijuana (POE, 2005b) y el Reglamento de Áreas Verdes para el Municipio de Mexicali B.C. (POE, 2005a), que representan un avance importante en materia de áreas verdes, aunque primordialmente las acciones están orientadas a la forestación más no a la planificación de las mismas.

El Reglamento de Forestación para el Municipio de Tijuana (POE, 2005b) tiene el objeto de asegurar la creación, conservación, restauración, fomento, aprovechamiento y cuidado de las áreas verdes, así como de la vegetación en general en el territorio municipal. Este reglamento además de establecer disposiciones y sanciones respecto a la siembra, poda y tala de árboles, define obligaciones: para el propio municipio y los particulares. Para el primero, obliga a crear el Comité Municipal de Forestación, el cual deberá elaborar el proyecto de forestación, gestionar recursos y difundir en la comunidad los programas de forestación. Para los particulares, establece que tendrán la obligación de cuidar y conservar los árboles o arbustos existentes en su banqueta o servidumbre, o bien a falta de éstos, podrán plantar uno hasta por cada seis metros lineales de banqueta o servidumbre adquiriendo la obligación antes mencionada.

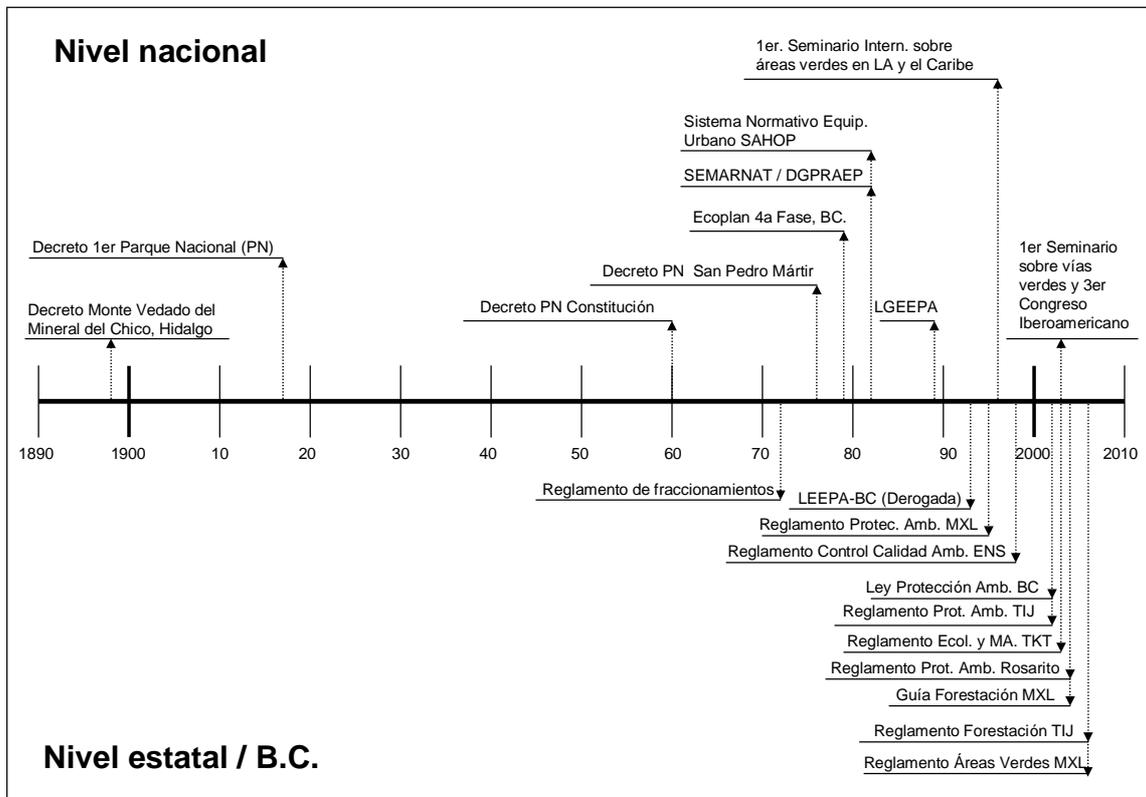
Una de las consideraciones más importantes que establece este reglamento, es la que se refiere a que en fraccionamientos de nueva creación las áreas de donación para áreas verdes deberán incluir “un tipo de suministro permanente de agua tratada para irrigación, el cual deberá estar funcionando el día de la entrega al municipio” (POE, 2005b:04). Esta disposición es de gran relevancia dada la escasez de agua en Baja California y particularmente en el municipio de Tijuana.

En el caso del Reglamento de Mexicali, tiene por objeto “*el regular y asegurar la conservación, restauración, fomento, aprovechamiento, creación y mantenimiento de áreas verdes a fin de mejorar las condiciones ambientales del municipio*” (POE, 2005a:01), para lo cual determina las obligaciones que tiene el propio municipio y los particulares. Respecto al primero, establece la obligación de forestar, reforestar, mantener y preservar las áreas verdes pero solo las que se encuentran a su cargo;

para lo cuál deberá crear Comités. En el caso de los particulares, las disposiciones principales son para los desarrolladores que deberán contar con un proyecto para las áreas verdes autorizado por el municipio y para los usuarios de las áreas verdes establece lo permitido y lo prohibido en dichas áreas. Sin embargo, llama la atención fuertemente que no establezca consideración alguna para el uso eficiente y reuso del agua para el riego de la vegetación.

Por otra parte, uno de los instrumentos de planeación en los que se ha diagnosticado y se han establecido acciones referentes a áreas verdes son los Programas de Desarrollo Urbano de Centro de Población (PDUCP). Sin embargo, los criterios de dotación adoptados en los PDUCP no son consistentes al menos para el caso de Mexicali. En el PDUCP de Mexicali de 1985 (SEDUE, SAHOPE y XI Ayuntamiento de Mexicali, 1985) se establece que existe un déficit de 55 ha, sin mencionar que norma se aplicó; en el PDUCP para el período 1993-2007 (XIV Ayuntamiento de Mexicali, 1995) se menciona que existe un déficit de 305.3 ha aplicando una norma de dotación de 8.5 m<sup>2</sup> de área verde por habitante; mientras que en el PDUCP para el período 2010 (XV Ayuntamiento de Mexicali, 1998), se establece un déficit de 140.94 ha considerando una dotación de 4.0 m<sup>2</sup> de área verde por habitante, sin hacer ninguna consideración del porque se modificó el criterio de dotación.

**Figura 2.2-1** Iniciativas y normatividades en la planificación de áreas verdes en el contexto nacional y estatal



Fuente: Elaboración propia.

Un resumen de las iniciativas realizadas en relación con áreas verdes en el contexto nacional y del estado de Baja California puede visualizarse en la figura 2.2-1 en la que se observa que a nivel nacional es a partir de los años setentas-por iniciativa de la federación-cuando surgen las primeras iniciativas con referencia a áreas verdes urbanas con los Ecoplanes, pero pasan más de 25 años para que algunos municipios en Baja California tomen iniciativas específicas sobre el tema.

### **2.3.- Definiendo conceptos y analizando términos de planificación de áreas verdes urbanas**

Alrededor del tema de la planificación de áreas verdes urbanas han surgido diversos términos y conceptos, como son: plan verde, enverdecimiento urbano, forestación urbana y planificación verde.

Los *planes verdes* de acuerdo a Varese y Bertelli (2001) pueden tener diversas naturalezas, pueden ser planes temáticos específicos (planes sectoriales) o ser parte de planes más amplios como un plan de desarrollo urbano para una ciudad; en ambos casos, deben contener una descripción de las premisas que inspiran el plan, objetivos, y los elementos de coordinación con otros tipos de planes (transporte, energía, etc.) así como las unidades territoriales y administrativas. Estos planes normalmente identifican y clasifican los diferentes tipos de áreas verdes (parques, jardines, vialidades, sitios históricos o áreas verdes asociadas a estructuras educacionales, hospitales, cementerios, etc.) y las reglas para preservar, rehabilitar, recuperar, transformar y crear nuevas áreas verdes.

Los *planes verdes* en la concepción de Palomo (2003), son los paradigmas del concepto de desarrollo sostenible, con el cual se podría realizar una integración en la planificación de las ciudades en términos de armonía natural, belleza, calidad vital y salud; mientras para Yoldie (1998) y el Gobierno Regional de Santiago de Chile (2003) el propósito de estos planes es proteger, restaurar y adecuar los espacios verdes y el entorno periurbano compatibilizando aspectos socio-recreativos y educativos con aspectos ecológico-paisajísticos, ambientales y productivos.

Los *planes verdes* presentan un enfoque integral al considerar la contribución de estos espacios en el mejoramiento de la calidad de los centros urbanos desde la perspectiva ambiental, social y estética; aunque estos planes deben considerarse más bien como el producto de la acción de planificar dichos espacios.

Otra expresión utilizada en este contexto es el de *enverdecimiento urbano* que de acuerdo a Uribe (1998) debe entenderse de una manera amplia, no solo como el aumento de la cobertura vegetal en las ciudades, sino como el conjunto de acciones de la gestión ambiental orientadas a mejorar las condiciones ambientales del entorno urbano.

El término *planificación verde* de acuerdo a Palomo (2003) es la simplificación de un procedimiento que se propone no sólo resolver el sistema de espacios verdes de la

ciudad, sino una nueva manera de enfocar el urbanismo, una planificación vinculada a los valores y recursos naturales, ambientales y paisajísticos de la ciudad.

De acuerdo a Costello (1993) la forestación urbana es el manejo de árboles en áreas urbanas, entendiéndose manejo como la planeación, plantación y cuidado de árboles que incluye individuos, pequeños grupos y grandes cinturones verdes; por lo tanto, la forestación urbana es: el establecimiento, manejo, planeación y diseño de árboles y bosques con valores atractivos situados dentro o cerca de las áreas urbanas.

Para los municipios de Mexicali (POE, 2005a) y Tijuana (POE, 2005b), forestación la definen como: el establecimiento y desarrollo de vegetación en terrenos preferentemente o temporalmente forestales, con propósitos de conservación, restauración o producción comercial.

Por último, es importante destacar la diferencia entre forestación y planificación de áreas verdes, dado que la primera se desprende como una de tantas acciones de la segunda, además que se refiere exclusivamente al manejo de vegetación en áreas existentes, mientras que la segunda además de establecer estrategias para conservar y mejorar las áreas verdes existentes, se enfoca a reservar con anticipación aquellos espacios que cumplen una función ambiental y social, y que pueden integrarse en el sistema urbano para mejorar la calidad de vida la población.

### 2.3.1.- Planificación de áreas verdes urbanas

En términos generales planificación es un método para llevar a cabo un objetivo, es una formulación detallada de un programa de acción, o un arreglo ordenado de etapas en el que se establecen objetivos, políticas y procedimientos para alcanzar una unidad social, económica o territorial, o bien para la consecución de un fin. Sin embargo, es importante considerar que el proceso de planificación no culmina con la publicación de un documento o elaboración de un plan que presenta las instrucciones detalladas para alcanzar un objetivo, sino que el resultado final debe ser la implementación a partir de la realización de los objetivos y logro de las metas (USDA Forest Service, 1999).

Es importante considerar que planear para un tiempo indefinido es una tarea incierta, por lo que el proceso de planificación urbana es generalmente recomendable dividirlo en componentes temporales, largo plazo, mediano plazo y corto plazo.

La planificación urbana de largo plazo tiende a ser general y se refiere a la preparación y definición de políticas y lineamientos que pueden plasmarse en un plan de gran visión, donde se establecen compromisos particularmente del gobierno, dado que al adoptar el plan, el gobierno firma su apoyo para llevar a cabo las acciones tendientes a lograr los objetivos planteados.

La planificación urbana a corto plazo debe ser explícita y obligatoria a través de la regulación de uso del suelo, con acciones concretas para la preservación o desarrollo de áreas dentro de la ciudad, en los que se involucra a la comunidad. En la

planificación a mediano plazo generalmente se integran programas que rebasan el corto plazo para su implementación.

La planificación referida a áreas verdes como lo señala Palomo (2003) es un concepto utilizado en el mundo hispano que no solo se propone resolver el sistema de espacios verdes de la ciudad, sino que debe constituirse en una nueva manera de enfocar el urbanismo, una planificación vinculada a los valores y recursos naturales, ecológicos, ambientales y paisajísticos de la ciudad. La planificación de las áreas verdes debe reconocer los valores y recursos naturales, ambientales, paisajísticos de la ciudad para preservarlos y mejorarlos; debe ser una parte indispensable de cualquier estrategia ambiental del desarrollo sustentable para la biodiversidad urbana.

Congruente con lo establecido anteriormente, Miller (1998) señala que la planeación del *enverdecimiento urbano* debe reconocer la importancia no solo recreativa de los espacios verdes, sino también la categoría social, ecológica y económica de una red de dichos espacios en las ciudades.

Por lo tanto, la planificación de áreas verdes urbanas debe concebirse como el manejo integrado y sistemático de los espacios con cobertura vegetal en zonas urbanas y suburbanas, cuyo proceso involucra el inventario, caracterización y diagnóstico de dichos espacios, valorando su importancia no solo como elementos necesarios para desarrollar actividades recreativas, sino también reconociendo sus atributos ambientales, económicos y paisajísticos, con el objeto de definir estrategias para preservarlos, regenerarlos u optimizarlos y contribuir al bienestar de la población. Este proceso deberá incluir los aspectos operacionales, normativos, financieros y de participación pública e institucional, que hagan factible su instrumentación.

## **2.4.- Dimensiones de análisis en la planificación de áreas verdes urbanas**

La planificación de áreas verdes urbanas debe representar un enfoque integrado y sistemático del manejo de la vegetación en los centros urbanos, teniendo siempre como eje de desarrollo las necesidades de la sociedad. Sin embargo, con el objeto de examinar las diferentes dimensiones de dicho proceso de planificación, se ha retomado el trabajo de Krishnamurthy y Nascimento (1998), que establece como factores clave que se requieren considerar para el manejo exitoso de las áreas verdes urbanas, el contar con una planificación acertada, una selección apropiada de técnicas específicas para cada cultura y sitio, una promoción de la participación eficiente del sector privado y público, así como mecanismos innovadores de financiamiento y una clara definición del marco legal, institucional y operacional. Estos aspectos o dimensiones a considerar son: planificación y diseño, factores tecnológicos, financieros, legales y de participación pública.

*Planificación y diseño.* Se refieren a las escalas de los estudios que pueden ir desde el nivel macro en el que se considera a la ciudad y su entorno, la intermedia o urbana, en

la que se analizan los diversos tipos de áreas verdes dentro de la ciudad, y la micro en la que las propuestas se realizan a nivel de sitio como son avenidas, parques o predios.

*Aspectos tecnológicos.* Se refieren al conocimiento de la composición del suelo, selección de especies, plantación, riego, drenaje, mantenimiento, podas, pesticidas y fertilizantes, de acuerdo a las características ambientales y urbanas.

*Aspectos financieros y económicos.* Se refieren al conocimiento de las fuentes de financiamiento gubernamentales, no gubernamentales y de apoyo no monetario, que hacen que una propuesta tenga viabilidad financiera.

*Aspectos legales, institucionales y operacionales.* Son aquellos que se refieren a la definición de la participación del sector público y el sector privado, a través de políticas públicas, programas, reglamentos y proyectos, ya sean de orden federal, estatal o municipal.

*Participación pública.* Se refiere a los mecanismos de integración de la comunidad a proyectos de forestación urbana, la definición de proyectos comunales, la promoción, capacitación y la colaboración interinstitucional.

Aunque el término planeación, como se mencionó líneas arriba, comprende finalmente todos los factores que hacen posible la instrumentación de un plan, en este apartado se revisan por separado los diferentes enfoques y propuestas de autores que enfatizan alguno de estos aspectos básicos, con los cuales se establecerá posteriormente una metodología para la planificación de áreas verdes para la ciudad de Mexicali, B.C.

#### 2.4.1.- Planificación y diseño

De los cinco factores antes mencionados, los aspectos tecnológicos son los más ampliamente desarrollados, mientras que los aspectos de planificación son menores los autores que lo abordan. Existen diversos autores que abordan la temática de la planificación de las áreas verdes urbanas, como: Stephenson-Oliver (2003), Bordes-Pagés (2002), Beer (2000), Palomo (2003), Miller (1998) y Pérez (2001); sin embargo los tres primeros autores presentan propuestas limitadas y con un enfoque parcial.

Respecto al resto de los autores, cada uno tiene su propio enfoque y realiza diferentes aportaciones: Palomo (2003) hace énfasis en las etapas y variables a considerar en el proceso de planificación; mientras que Miller (1998) se enfoca más en las escalas de planeación, proponiendo un método para la planeación de dichos espacios integrando las funciones ecológicas y sociales de los paisajes urbanos; y Pérez (2001) dirige el análisis de lo general a lo particular, y la evaluación la establece a partir del planteamiento de hipótesis y objetivos.

Palomo (2003:19) plantea una forma de planificar las áreas verdes en la ciudad, considerando la experiencia española, la cual se basa en el reconocimiento de los valores y recursos naturales, ecológicos, ambientales y paisajísticos de la ciudad para preservarlos y mejorarlos y plantea una guía metodológica que va de lo conceptual a la

práctica concreta haciendo un exhaustivo recorrido por todos los elementos y factores que integran la *planificación verde*, como el autor le denomina.

La guía consiste de seis fases (Ver figura 2.4-1): inicia con una base conceptual en la que se asienta la importancia de los espacios verdes para la población y la exigencia de la naturaleza en la ciudad, como una visión complementaria al urbanismo convencional y su contribución al desarrollo sustentable.

Continúa con los fundamentos jurídicos en donde se identifican los mecanismos legales que existen para conservar la naturaleza, las formas de intervención y regulación del estado en este tipo de espacios no urbanizables y la obligatoriedad de los *planes verdes* como instrumentos de ordenación territorial. Asimismo, se identifican los dispositivos jurídicos para la participación de los diferentes grupos de intereses de la comunidad (académicos, corporaciones, asociaciones civiles, vecinales y sindicales, organizaciones políticas, empresariales, etc.).

La tercera etapa es el análisis, y comprende el estudio de las variables físicas, como son la geología, edafología, agua-hidrología, microclimas, usos del suelo; las variables biológicas como vegetación y fauna; las variables urbanas, como calles, plazas, edificaciones, industria; variables paisajísticas como masas de agua, fondos escénicos, calidad y fragilidad; las variables humanas como población, actividades, estructura territorial y económica, problemática social; y los riesgos como son la erosión, inundaciones e incendios.

La cuarta fase es la síntesis-prognosis. En esta fase se integra la información que se desagregó en la etapa anterior, armonizando los enfoques distintos que permitan elaborar conclusiones mediante la agregación ponderada de las diversas informaciones obtenidas. Es el procedimiento mediante el cual se discriminan y agrupan los datos para la elaboración de un diagnóstico, en términos de una caracterización territorial cartográfica, el sistema de áreas verdes, los sectores deficitarios y establecimiento de tipologías espaciales para su futura intervención.

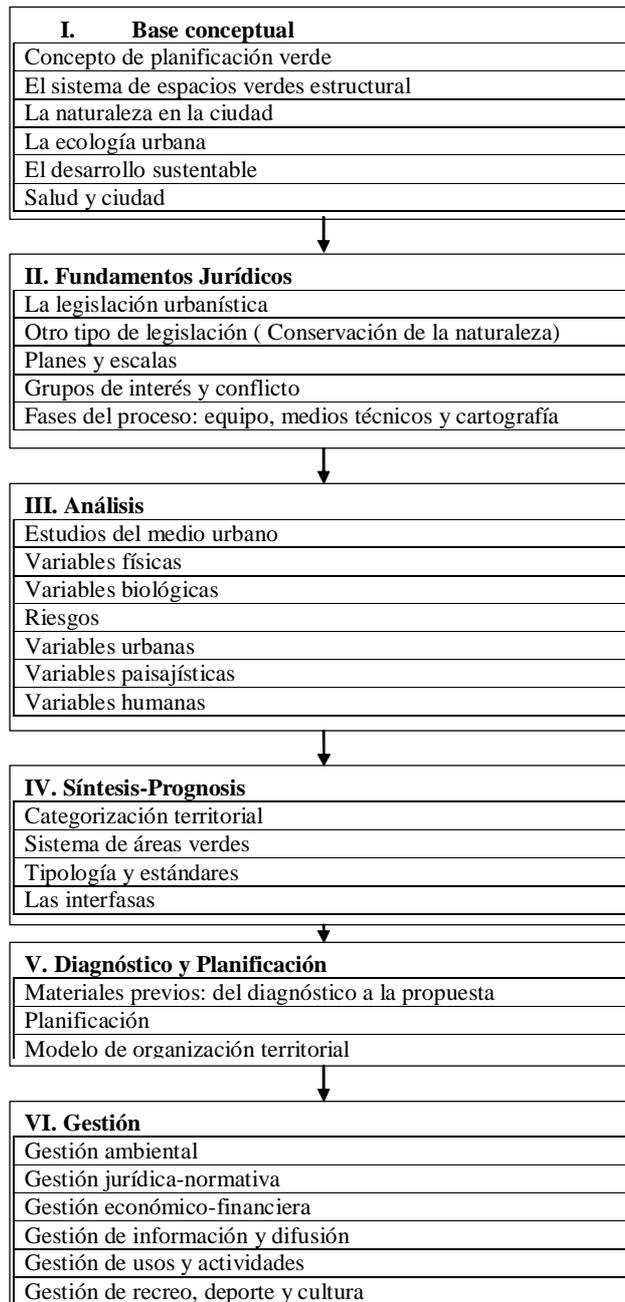
La quinta fase comprende el diagnóstico y planificación. El diagnóstico se plantea como un documento sucinto y resumido que precede a las propuestas de planificación. Estas propuestas estarán plasmadas en un *plan verde*, en el que se establecerán las categorías de ordenación del territorio, a través de acciones tales como protección, conservación activa, regeneración, áreas con potencial de esparcimiento y recreo, para uso forestal, agrícola, etc.

La última fase es la gestión, la cual es el mecanismo mediante el que se conectan las estrategias con la realidad, de ahí su importancia. La gestión se plantea en las esferas: ambiental, jurídico-normativa, económica-financiera, de usos y actividades, del paisaje, informativa y de difusión, de protección y desarrollo y de recreo, deporte y cultura.

Las fases que señala Palomo (2003) establecen una secuencia del proceso, sin embargo, las fases no están claras en cuanto a su designación y contenido; ya que la etapa de diagnóstico y síntesis son partes de una misma etapa, y la fase denominada

planificación, es un término que involucra finalmente a todas las fases; además de que las variables no aparecen agrupadas por tema (ambientales, sociales, etc.) lo que puede dificultar la interpretación de sus interrelaciones.

**Figura 2.4-1** Etapas en el proceso de la planificación verde

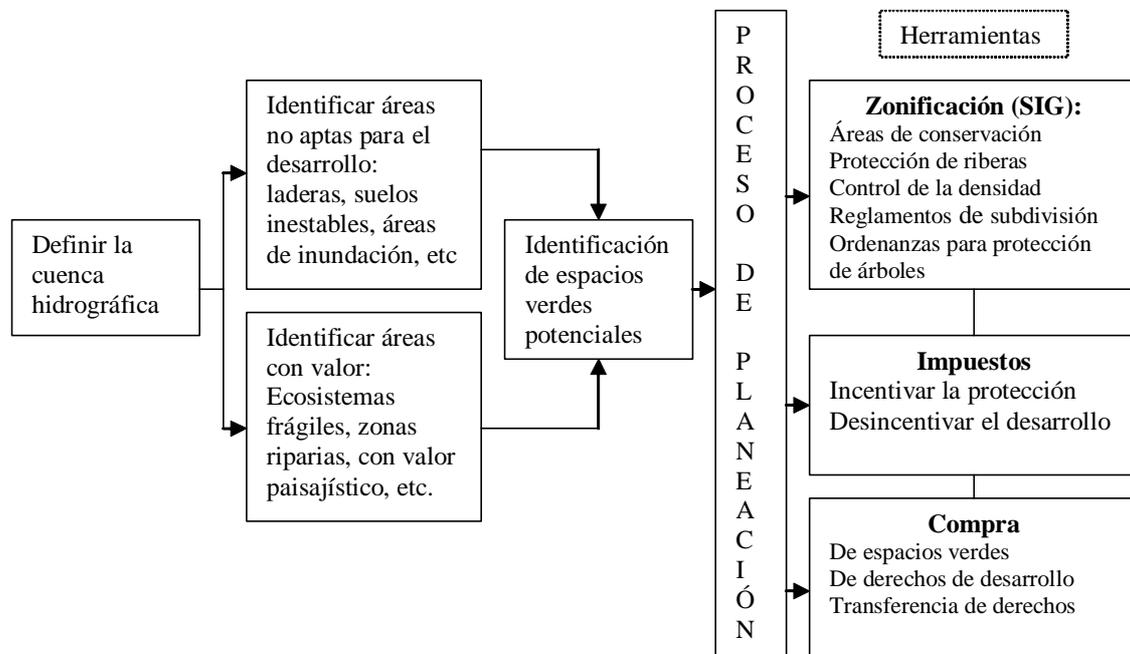


**Fuente:** Elaboración propia con base en el texto de Palomo (2003).

Por otra parte, Miller (1998), establece su desacuerdo con la forma tradicional de planear el espacio verde desde una perspectiva social que ignora los atributos ecológicos, que ha consistido en localizar tierras sin desarrollo sobre un mapa o fotografía aérea, posteriormente designar esas tierras como espacios verdes potenciales, sin hacer una evaluación del sitio en cuanto a si satisfará las necesidades de la comunidad. Usar esta forma de planear, señala Miller, resulta en espacios verdes seleccionados principalmente por su disponibilidad y costo, en lugar de sobre la base del uso pretendido, perdiendo oportunidades de integrar el espacio verde en un plan de uso del suelo. Existen espacios que pueden tener dicho uso pretendido de facto en las comunidades debido a las limitaciones que presentan para el desarrollo urbano, como son la pendiente o la hidrología, pero generalmente estos espacios se pierden ante el mismo desarrollo cuando las nuevas tecnologías hacen construibles dichos sitios.

Miller (1998) propone que es imperativo que la planeación de espacios verdes se dé en tierras sin desarrollar antes de la expansión urbana, debiendo basarse en los atributos funcionales y ecológicos de los espacios verdes como llave para seleccionar la parcela en conjunto con las hectáreas necesarias para el desarrollo urbano; en lugar de basar esta planeación simplemente en el número de hectáreas necesarias para el uso recreativo. Este proceso puede iniciarse con la identificación de cuencas o subcuencas específicas como unidades de planeación, estableciendo la línea básica hidrológica de cada cuenca. El enfoque propuesto es a partir de una base ampliada para la planeación del espacio verde que integre las funciones ecológicas y sociales de los paisajes urbanos (ver figura 2.4-2).

**Figura 2.4-2** Base ampliada para la planificación del espacio verde



**Fuente:** Elaboración propia con base en el texto de Miller (1998).

La unidad de planeación establecida dentro de este enfoque es la cuenca hidrográfica, ya que la oportunidad para proteger las cuencas ocurre previa al desarrollo, porque si suceden cambios en la hidrología de los arroyos o ríos que la drenan, no se conservará la estabilidad hidrológica y de promoción de la flora que protegerá la calidad del agua, los recursos visuales, el hábitat de la fauna silvestre y con ella las oportunidades recreativas. Adicionalmente, es importante identificar las áreas no aptas para el desarrollo urbano, como laderas, suelos inestables y zonas inundables, que junto con las áreas con valores ecológicos y paisajísticos, representan los espacios verdes potenciales.

Por último, otro enfoque de planificación es el que presenta Pérez (2001) en el estudio de la ciudad de Resistencia en Argentina, que establece cuatro etapas, iniciando con el estudio conceptual del tema central de la investigación, seguido de un análisis general en un “macro-sistema” para pasar al análisis de un “micro-sistema” en un área específica de la ciudad, para finalmente establecer recomendaciones para el área específica y la ciudad (ver figura 2.4-3).

Aunque la autora de la metodología detalla las técnicas específicas para la recolección de datos, no deja en claro aspectos tales como las formas de participación pública, el financiamiento de las obras y los criterios para llevar a cabo los análisis en las dos escalas macro y micro.

**Figura 2.4-3** Metodología para el inventario y planificación de espacios verdes

1ª Etapa	Estudio conceptual
	Hipótesis y objetivos
2ª Etapa	Análisis del Macro-Sistema; general de la ciudad
	Análisis del Micro-Sistema; área específica de la ciudad
3ª Etapa	Evaluar los resultados del análisis en referencia a los objetivos e hipótesis
4ª Etapa	Recomendaciones para el área analizada y la ciudad

**Fuente:** Elaboración propia con base en el texto de Pérez (2001).

## 2.4.2.- Aspectos tecnológicos

Uno de los factores más ampliamente desarrollados en referencia a la planificación de áreas verdes urbanas, es el que se refiere a los aspectos técnicos que requiere la vegetación para su adecuado desarrollo, que inicia desde una adecuada selección de especies al clima, conocimiento de las condiciones del suelo, hasta un apropiado mantenimiento, como lo establecen: Nilsson et al. (1998), Lindsey y Bassuk (1992), USDA Forest Service (1999), Sheinbaum (2003), el XVII Ayuntamiento de Mexicali (2003), McPherson y Simpson (1999), y Cobo (1998).

Nilsson et al. (1998) establece tres aspectos básicos en este sentido, el suelo como medio de crecimiento, el riego y el mantenimiento. Respecto al suelo, señala que uno de los mayores problemas es su compactación, ya que su densidad de masa se incrementa y su porosidad disminuye inhibiendo el crecimiento de la planta; para evitarlo sugiere que todo el sitio de construcción sea dividido en una zona de construcción, una zona de trabajo y una de protección, en esta última no se deba permitir el tránsito. Respecto al riego, se pueden calcular los requerimientos de agua, en función de la evapotranspiración y el tipo de suelo y los factores climáticos locales, como lo señalan Lindsey y Bassuk (1992); y respecto al mantenimiento, Nilsson et al. (1998) menciona que lo más importante es hacer las podas con “objetivo” en la cual el entendimiento y respeto por el árbol indica donde, cuando y como debería ser podado.

**Figura 2.4-4** Guía técnica para comunidades forestales urbanas

Consideraciones	Factores
Selección de especies	Clima Suelo Espacio mínimo vital
Del sitio	Usos del suelo aledaños Construcciones existentes Áreas pavimentadas
De diseño	Tamaño Textura Forma Color Fragancia Densidad de follaje Floración
De mantenimiento	Podas Fertilizantes Riego Control de plagas Control de raíces Inspección de riesgos

**Fuente:** Elaboración propia con base al texto de USDA Forest Service (1999).

El Servicio Forestal del Departamento de Agricultura Estadounidense (USDA, Forest Service, 1999) publicó una Guía técnica de forestación urbana, en la que establecen consideraciones específicas para el buen desarrollo de las comunidades vegetales en espacios abiertos, que comprende la selección de especies de acuerdo al clima y suelo, análisis del sitio, consideraciones de diseño y mantenimiento (ver figura 2.4-4).

Por otra parte, Sheinbaum (2003) establece en el proyecto de Norma Ambiental para el Distrito Federal los requisitos y especificaciones técnicas que deberán cumplir las autoridades, empresas privadas y particulares para la creación, rehabilitación, restauración y manejo integral de áreas verdes urbanas.

En esta norma, se determinan aspectos más específicos para la vegetación, así como el manejo integral de las especies, desde la plantación hasta las condiciones de mantenimiento como son la fertilización, riego, control de plagas y poda. Lo interesante de esta norma es su obligatoriedad no solo para las autoridades, sino también para los particulares (ver figura 2.4-5).

**Figura 2.4-5** Requisitos técnicos para el manejo integral de áreas verdes urbanas

<b>Requisitos Técnicos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definición de la función del área verde</li> <li>• Caracterización y diagnóstico del sitio</li> <li>• Selección de especies</li> <li>• Caracterización biológica de las especies</li> <li>• Disponibilidad de agua en la zona</li> <li>• Ubicación de infraestructura y mobiliario urbano</li> <li>• Programa de manejo integral</li> <li>• Disposición y/o uso de residuos sólidos</li> </ul>
<b>Creación Areas Verdes</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyectos que contenga los aspectos descritos de los Requisitos Técnicos</li> <li>• Plantación de árboles y arbustos</li> <li>• Establecimiento de herbáceas</li> <li>• Características de árboles y arbustos utilizados respecto a equipamiento urbano</li> <li>• Difusión para concienciar a la ciudadanía sobre su protección y conservación</li> </ul>
<b>Rehabilitación de un Area Verde</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto que contenga los siguientes aspectos:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diagnóstico del área verde a rehabilitar</li> <li>- Plano de la situación actual de la vegetación</li> <li>- Árboles y arbustos que serán podados, transplantados y/o derribados</li> <li>- En caso de sustitución, especificar especies a plantar</li> <li>- Criterios para transplantar árboles y arbustos</li> <li>- Programa de manejo integral (fertilización, riego, control de plagas, poda, etc.)</li> </ul> </li> <li>• Difusión para concienciar a la ciudadanía sobre su protección y conservación</li> </ul>
<b>Restauración de un Area Verde</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto que contenga los siguientes aspectos:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diagnóstico del área verde a restaurar</li> <li>- inventario de la vegetación</li> <li>- Condiciones de mobiliario urbano e infraestructura</li> <li>- Presencia de plagas y/o enfermedades</li> <li>- Necesidades de poda, derribo y/o trasplante de cada especie</li> <li>- En caso de sustitución, especificar especies a plantar</li> <li>- Criterios para transplantar árboles y arbustos</li> <li>- Programa de manejo integral (fertilización, riego, control de plagas, poda, etc.)</li> </ul> </li> <li>• Difusión para concienciar a la ciudadanía sobre su protección y conservación</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia con base en el texto de Sheinbaum (2003).

Dentro de los aspectos tecnológicos, uno de los instrumentos más desarrollados son las guías de forestación, como es en el caso del municipio de Mexicali (XVII Ayuntamiento de Mexicali, 2003) que integra conceptos, imágenes y descripción de los árboles y arbustos más comunes en el municipio, haciendo énfasis en la utilización de plantas nativas. Asimismo, se establecen criterios para la selección de especies y técnicas de mantenimiento en cuanto a podas, control de plagas y riego. También se señalan los perjuicios que pueden ocasionar las plantas cuando no se hace una apropiada selección, como son la obstrucción visual en vialidades, levantamiento de banquetas por raíces de árboles o interferencia con los cables de energía eléctrica. Uno de los puntos que llama la atención de esta guía es que aunque enfatiza la utilización de especies nativas, que son plantas adecuadas al clima y suelo de la región, en los aspectos de riego, no hace mención alguna de la necesidad del uso eficiente del agua o del desarrollo de procesos de reuso del agua, consideración indispensable para zonas áridas.

McPherson y Simpson (1999) en este sentido han desarrollado guías de árboles para comunidades pequeñas de rápido crecimiento en los Estados Unidos, en donde establece formas para obtener y cuantificar los beneficios de las áreas verdes urbanas, desde la escala de toda la comunidad, el barrio, hasta la familiar, enfatizando como uno de los factores clave para la “cosecha” de dichos beneficios, la adecuada selección de especies y el mantenimiento apropiado.

Por último, Cobo (1998:24) señala que además de los aspectos importantes que tienen que ver con el manejo técnico de la vegetación, como son el emplear técnicas adecuadas en la plantación, la poda, el mantenimiento y protección, control de plagas, monitoreo de los efectos de la contaminación atmosférica en determinadas especies, suficiente espacio físico para el desarrollo de los árboles así como evaluar la posible incompatibilidad del tamaño del árbol con elementos edificados o de infraestructura como son el tendido de redes de energía eléctrica, un aspecto importante e imprescindible en la forestación urbana es contar con un vivero (o viveros) que provean de las plantas necesarias en los tamaños apropiados.

#### 2.4.3.- Aspectos legales, institucionales y operacionales

La Agenda 21 que es un programa de acción mundial para alcanzar el desarrollo sustentable, creado a partir de la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en 1992 (United Nations, 2005: 8.13) establece en el Capítulo 8 que *“las leyes y reglamentos emanados de las condiciones específicas de cada país, son uno de los instrumentos más significativos para convertir las políticas en acciones y transformar el ambiente, no solo como un marco normativo, sino también como instrumentos para la planeación económica”*. En este mismo sentido, existen otros autores como Zulauf (1998), Varese y Bertelli (2001) y Wolf (2004) que señalan la importancia de crear un amplio marco legal para la creación, promoción y conservación de las áreas verdes.

De acuerdo a Zulauf (1998) la protección ambiental como una acción institucionalizada es una actividad reciente a través del mundo, siendo un producto posterior a la segunda guerra mundial; sin embargo, menciona que cada nación debería tener sus propias leyes ambientales básicas a nivel nacional, estatal y local. Las leyes estipularían una jerarquía, de tal manera que las leyes locales fueran más restrictivas que las leyes estatales y estas a su vez más estrictas que las nacionales, pero no al contrario.

Zulauf (1998) propone que la protección al ambiente debería estar estructurada de acuerdo con la escala y naturaleza de las ciudades así como sus problemas (la contaminación del agua no es igual la de una ciudad de 5,000 habitantes que la de una de 500,000 habitantes), por lo que no es posible proporcionar un modelo institucional común para la acción de protección ambiental con respecto a las autoridades locales. Lo que se puede hacer es enlistar las actividades que en menor o mayor grado son parte de todas las acciones de cualquier ciudad, como son: áreas verdes urbanas, control ambiental, educación ambiental y planeación ambiental. Por otra parte, respecto a los aspectos operacionales, señala que recientemente se ha observado un papel mas activo y una creciente participación del sector privado en la ejecución de servicios públicos, siendo al principio solo la ejecución, pero posteriormente también participando en acciones de operación a través de diferentes modalidades como la concesión, asociación, permiso, etc. (ver figura 2.4-6).

**Figura 2.4-6** Papel de los sectores público y privado en la normatividad y operación de las áreas verdes urbanas

Sector Público	Sector Privado
Promoción de leyes, reglamentos, planes, programas y proyectos sobre ambiente a nivel: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nacional</li> <li>• Estatal</li> <li>• Municipal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esquemas de inversión               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Concesión</li> <li>- Permiso</li> <li>- Contrato</li> <li>- Coinversión</li> <li>- Asociación</li> </ul> </li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia con base en el texto de Zulauf (1998).

Por su parte, Varese y Bertelli (2001:07) establecen como una de las condiciones de éxito en la planificación de áreas verdes para el caso de la comunidad europea., la existencia de instrumentos legales con las siguientes orientaciones en el diseño de un programa para el desarrollo de espacios verdes

- a) A nivel constitucional la declaración del derecho de los ciudadanos de contar con un ambiente sano.
- b) Legislación concerniente a la protección del paisaje y áreas de particular interés natural, histórico y cultural.
- c) Legislación para la protección de ríos y zonas costeras.
- d) Legislación que determine medidas generales para la protección del ambiente.

- e) Legislación que defina los contenidos y tipo de planes para los niveles regional y local.
- f) Legislación que establezca la distribución de tareas y responsabilidades entre los actores encargados del manejo de los espacios verdes.

Por último, existen autores como Wolf (2004:08) que argumentan que aunque el concepto de sustentabilidad está siendo todavía debatido, creado y probado en los centros urbanos; para alcanzarlo se requiere de adoptar un marco normativo innovador, en el que las comunidades puedan promover y hacer obligatorias acciones que tiendan a la sustentabilidad. Estas iniciativas deberán considerar las diferentes escalas de acción. Así por ejemplo a nivel regional la construcción de un sistema de transporte eficiente ayudaría a reducir el uso de recursos energéticos, mientras que a nivel local, las iniciativas para ahorro de energía deberían enfocarse a las prácticas constructivas. De ahí, la necesidad de que exista un *código verde* entendido como el conjunto de leyes, reglamentos y normas desde el nivel nacional hasta el urbano, que incluyan las disposiciones para conservar el paisaje, la vegetación, el agua, etc. todo lo concerniente al ambiente y los recursos naturales.

#### 2.4.4.- Aspectos financieros y económicos

Otro de los aspectos importantes en todo proceso de planificación es la correspondencia entre las acciones propuestas y los recursos disponibles para su instrumentación.

En el caso de la planificación de áreas verdes urbanas, además de la necesidad de contar con un presupuesto base por parte de la autoridad local para la operación y acciones esenciales del departamento responsable, se deberán promover mecanismos financieros para darle viabilidad económica a las acciones propuestas. En este sentido, Morgan (1998), Miller (1998) y SEDESOL-UAM (2005) señalan diversos mecanismos financieros al respecto.

De acuerdo a Morgan (1998), las diversas fuentes de financiamiento para el desarrollo de acciones urbanas se pueden agrupar en tres tipos: gubernamentales, no gubernamentales y no monetarias.

Las fuentes gubernamentales se derivan primordialmente de la aplicación de impuestos locales, que pueden ser utilizados como gravámenes o como incentivos para conservar o desarrollar determinadas áreas, pero en ambos casos, deben ser negociados sobre la base de los beneficios ambientales, económicos y sociales que ofrece la vegetación, que no son mutuamente excluyentes.

Las fuentes no gubernamentales de fondos son apoyos monetarios a través de donativos o patrocinios provenientes de fundaciones, fideicomisos, corporaciones, organizaciones, empresas y particulares.

Las fuentes no monetarias están representadas por la aportación en especie o con trabajo que pueden hacer como servicio social los estudiantes, asociaciones, voluntarios, etc.

Respecto al primer grupo de fuentes de financiamiento, la aplicación de impuestos es la más común con una amplia gama de modalidades, cuyo propósito es incrementar la captación de recursos para costear las acciones establecidas en el plan.

Entre las posibles modalidades fiscales para aumentar los ingresos, se encuentran los siguientes tipos de gravámenes, cuotas o contribuciones que señala Morgan (1998):

- a) Rentas de impuestos especiales: son recaudaciones impositivas por condiciones especiales que tienen la ventaja de quitar presión al presupuesto de la ciudad.
- b) Gravamen para beneficio del distrito: en la que la mayoría de los propietarios acuerdan gravarse ellos mismos basados en condiciones que ellos mismos establecen.
- c) Gravámenes por subdivisión o permisos de construcción, que son utilizados en nuevas unidades o desarrollos de fraccionamientos.
- d) Gravámenes por daños: son pagos compensatorios de la gente que daña o remueve árboles de propiedad pública ya sea por accidente o intencionalmente.
- e) Cargos adicionales: son cuotas por servicios que la ciudad puede estar cobrando, como por ejemplo: por venta de licores, multas de tránsito, tarifas de estacionamientos, etc.
- f) Facturación directa: son cargos a individuos por trabajos realizados en su propiedad, como son plantar, reponer, mantener o controlar plagas en propiedades de programas comunitarios.

Entre los posibles mecanismos de carácter fiscal para incentivar o fomentar la conservación y/o desarrollo de áreas verdes se encuentran los propuestos por Miller (1998), Morgan (1998) y SEDESOL-UAM (2005).

- a) Impuestos diferenciales, para estimular la protección de áreas verdes y desincentivar el desarrollo de áreas inapropiadas. Esto no evita que la tierra sea vendida para el desarrollo, pero se puede conservar dicho uso por más tiempo, además que con los reembolsos se pueden financiar acciones del plan (Miller, 1998).
- b) Deduciones del impuesto sobre la renta, que permiten al contribuyente hacer donaciones de sus reembolsos de impuestos o deducirlas en el pago de obligaciones fiscales (Morgan, 1998).
- c) Sistema de derechos de desarrollo; que implica reconocer el derecho de transferir, total o parcialmente, la intensidad del uso del suelo de un lugar a otro. Este sistema funciona bajo la lógica del mercado, pero regulada por la intervención del gobierno, lo que requiere de programas de desarrollo urbano debidamente aceptados y legalizados por la sociedad y gobierno.

Este sistema, tiene dos variantes: una es la compra de los derechos de desarrollo por el gobierno (Miller, 1998) y otra, es la transferencia de los derechos entre particulares (SEDESOL-UAM, 2005).

- Compra de los derechos de desarrollo: se puede aplicar para proteger el espacio verde de propiedad privada. El gobierno puede comprar a los dueños de la propiedad el derecho de subdividir y desarrollar la tierra por medio de ventas voluntarias o declaraciones públicas.
- Transferencia de los derechos de desarrollo: su principal objetivo es permitir a los particulares tener opciones para ceder y adquirir dichos derechos, con las ventajas de no representar costos directos para el gobierno, y permitir recursos adicionales para el mejoramiento de los inmuebles que ceden sus derechos

Una opción más sugerida por Miller (1998) es la *compra de espacio verde*: que es la compra plena de tierra privada por el gobierno o por fideicomisos que otorgan el tipo más permanente de protección de espacios a largo plazo y también permiten que el público tenga acceso a estas tierras para uso recreativo.

Por último, otra forma de financiar acciones o proyectos es a través de asociaciones público privadas, en donde se involucra la participación conjunta gubernamental y privada (SEDESOL-UAM, 2005).

Estos esquemas de financiamiento, no son excluyentes entre sí, sino que puede haber una diversificación de fondos y aportaciones, como fue en el caso del Plan de Recuperación y Gestión de una Ciudad Patrimonio de la Humanidad: "Plan Verde de Segovia", cuyo financiamiento ascendió a una inversión total entre 1992 y 1997 de 3.460 millones de pesetas, con las siguientes aportaciones (Yoldie, 1998).

- Unión Europea (FEDER): 10,01% (Patrocinio).
- Ministerio de Fomento: 1,44% (Fondo para aumento de capital).
- El Gobierno Regional, Junta de Castilla y León: 59,25% (Patrocinio).
- Ayuntamiento de Segovia: 29,30% (Impuestos).

Paralelamente en este Plan Verde, la Universidad Politécnica de Madrid trabajó en el ámbito de la planificación ecológica, una metodología para planificar la conservación y mejora del entorno y paisaje urbanos.

Adicionalmente, la misma Universidad aportó a través de la Tesis Doctoral "Entorno y Paisaje de Ciudades Históricas. Segovia. Caminos para su Conservación en el año 1990", respuestas a la problemática de los espacios naturales de la ciudad de Segovia y sus entornos.

Asimismo, la participación de la Asociación Forestal de Segovia firmó un convenio con el Ayuntamiento para el desarrollo del programa de reforestación.

Finalmente también se contó con la participación de asociaciones conservacionistas, de estudiantes universitarios y el colectivo ciudadano.

#### 2.4.5.- Participación pública

Desde la Primera Cumbre de la Tierra se reconoció la importancia de la participación de los diversos sectores de la sociedad para alcanzar el desarrollo sustentable, específicamente a través de la Agenda 21, como una herramienta de concientización y organización para que la sociedad participara en el proceso de consenso y apropiación de los programas que de ella emanaran. En este sentido, Yoldie (1998:08) señala que para alcanzar la sostenibilidad se requiere que la comunidad participe en un proceso mediante el cual se defiende el medio ambiente a partir de conocerlo y valorarlo: CONOCER => DISFRUTAR => VALORAR => DEFENDER => ALCANZAR SOSTENIBILIDAD. Este proceso genera un compromiso mutuo comunidad-gestores que favorece el desarrollo de los programas ambientales y garantiza la conservación y protección del entorno natural de la ciudad, y asegura su mantenimiento permanente.

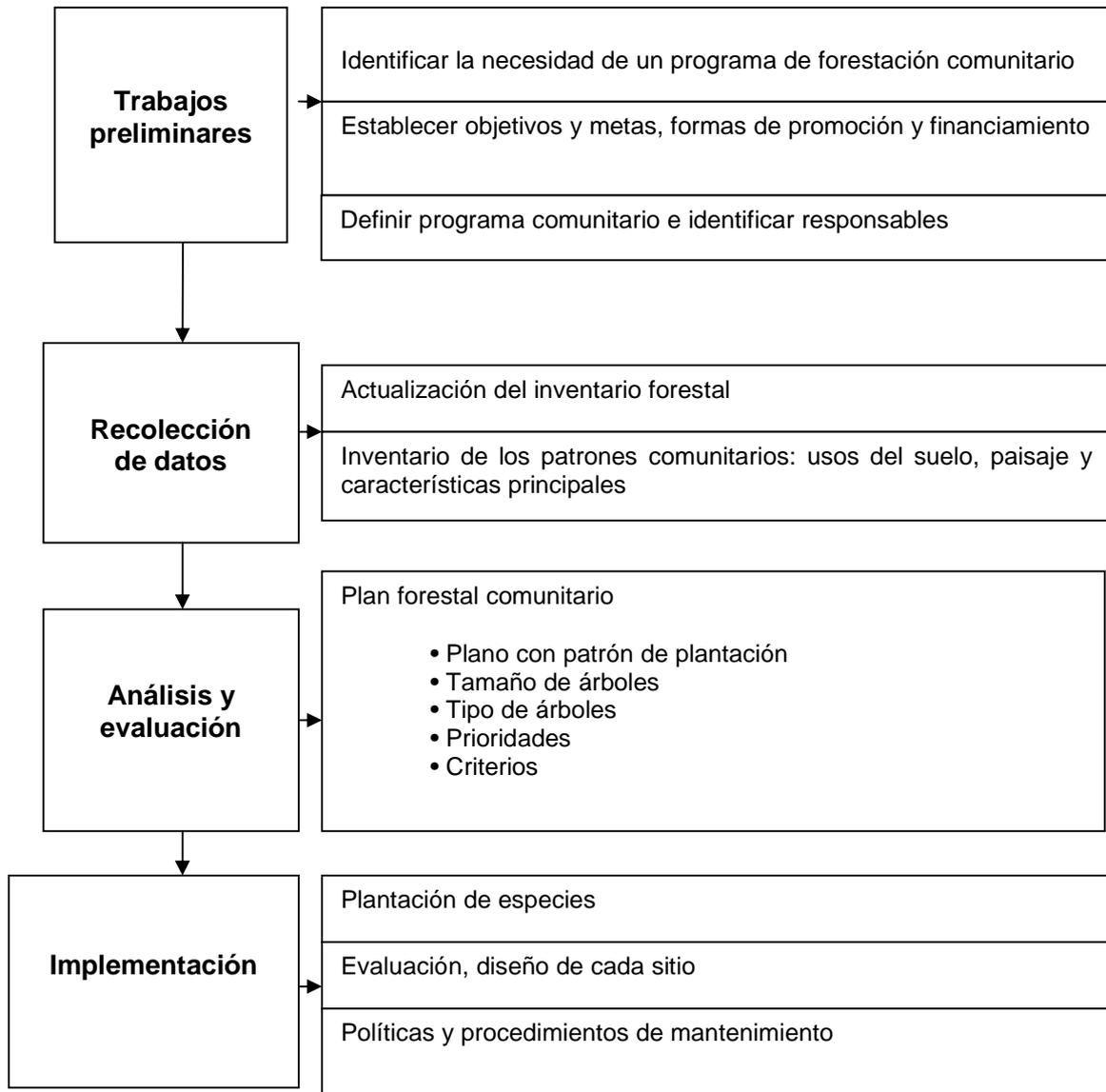
De esta manera, desde el punto de vista de la participación pública, la planificación de las áreas verdes para ser exitosa, requiere de la acción de dos actores básicos en su gestión: por una parte del apoyo político y liderazgo de las autoridades; y por otra parte, del apoyo social, de ahí la importancia de los mecanismos de difusión, promoción y la participación de la ciudadanía.

La participación ciudadana en materia ambiental está establecida en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y demás leyes ambientales (IDEA de México, 1999), sin embargo, es importante que esta actividad, como lo señalan McPherson y Johnson (1998), Cobo (1998), USDA Forest Service (1999), sea considerada como parte de un proceso integral en el que se cumplan diferentes acciones interrelacionadas.

McPherson y Johnson (1988) reseñan la experiencia de un programa de forestación urbana en un pequeño poblado estadounidense, mencionando que la participación pública es un componente crítico en el proceso de planificación de áreas verdes porque en pequeñas comunidades no se emplean forestadores urbanos o jardineros municipales, sino que los manejadores de la forestación, son entusiastas ciudadanos.

El proceso de planificación que ellos describen comprende cuatro grandes componentes: Estudios preliminares, recolección de datos, análisis y evaluación e implementación (ver figura 2.4-7). Se debe iniciar con la identificación de las necesidades de la comunidad en materia de forestación, estableciendo objetivos y definiendo responsables. Posteriormente se realiza un inventario de la vegetación y de los patrones paisajísticos de la comunidad. Después se elabora un plan de forestación para finalmente realizar la plantación, evaluación y mantenimiento de cada sitio.

**Figura 2.4-7** Proceso de participación comunitaria en un programa de forestación urbana



**Fuente:** Elaboración propia con base en el texto de McPherson y Johnson (1988).

Por su parte Cobo (1998) describe la experiencia de participación comunitaria en un programa de arborización de barrios en la ciudad de Quito, Ecuador, cuyo elemento clave fue la participación de diversas organizaciones sociales conocidas como: Comités Pro-mejoras, Liga deportiva barrial y Comités de madres de familia, cuyo liderazgo y poder de convocatoria entre la comunidad hicieron posible la realización de dicho programa. Lo interesante en este programa fue además la participación y coordinación entre las autoridades locales, organizaciones sociales, organizaciones no gubernamentales y empresarios, en donde el Municipio Metropolitano de Quito proporcionó los árboles necesarios, el abono, la asesoría técnica, y la apertura de los huecos en las veredas y aceras de las vías principales. El Comité Barrial promocionó y organizó la participación activa de los pobladores en la siembra y mantenimiento de los

árboles. La fundación ambientalista Natura elaboró el plan integral para arborizar las vías principales, secundarias y las áreas comunales. Finalmente, la empresa privada aportó el material y el dinero necesarios para elaborar los protectores de madera que debían ser colocados alrededor de los árboles, para evitar el vandalismo y la depredación de los animales.

Por otra parte, el Servicio Forestal del Departamento de Agricultura Estadounidense (USDA Forest Service, 1999) señala que si bien es importante la participación y coordinación de los sectores público/privado en acciones de forestación, también es importante considerar la participación y coordinación entre los sectores público/público, dado que en muchas ocasiones la vegetación en espacios públicos se ve afectada por los derechos de paso y obras de otras dependencias gubernamentales que tienen la responsabilidad de los sistemas de infraestructura como son el drenaje, agua potable o electricidad.

En suma, los diversos factores anteriormente mencionados aportan enfoques importantes en la planificación de áreas verdes urbanas, sin embargo considerados por separado presentan limitaciones porque no se establece su interdependencia, por lo que se requiere integrarlos bajo un proceso en el que se definan etapas, se especifiquen secuencias y establezcan las interrelaciones entre factores.

### **3.- PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA PLANIFICACIÓN DE ÁREAS VERDES URBANAS**

La metodología propuesta para la planificación de áreas verdes urbanas, se fundamenta en los procesos y enfoques revisados en el capítulo anterior adecuándolos y combinándolos bajo dos criterios para su estructuración: por una parte en el sentido longitudinal, el proceso de planificación esta organizado en una secuencia de cinco fases, que inicia con la organización del equipo de planeación, posteriormente el inventario de componentes, con el que se integra un diagnóstico, del cual se desprenden estrategias y finalmente se definen planes de gestión. Por otra parte en el sentido transversal, se agruparon los factores clave para el manejo de las áreas verdes en seis grandes componentes: físico-urbano, tecnológico, ambiental, financiero-económico, jurídico-normativo y de participación pública; los cuales permiten ordenar las diversas variables que intervienen en el proceso de planificación de una manera clara.

Posteriormente, se han integrado estos dos criterios (por fases y por componente), se han retroalimentado las fases con aportaciones de otros autores y propias, así como también se han adecuado los contenidos de los componentes de acuerdo a las condiciones de Mexicali, B.C.

La planificación de áreas verdes urbanas debe plantearse como un proceso integral y continuo, dentro del proceso de planificación del desarrollo urbano de las ciudades aprovechando las estructuras administrativas y marco normativo para su elaboración. Por lo tanto, este proceso se muestra como una guía metodológica para la elaboración

de planes sectoriales en el marco de la planificación urbana municipal o de centro de población dividida en cinco fases secuenciales que incluyen desde la integración del equipo de trabajo hasta la gestión y seguimiento de las acciones a realizar:

- a) Organización.
- b) Inventario.
- c) Diagnóstico.
- d) Estrategia.
- e) Gestión.

Esta metodología está orientada bajo un criterio ambiental en complemento al criterio social de dotación de espacios recreativos como equipamiento urbano, que tiene como propósito incorporar nuevas áreas verdes, mejorar las existentes y conservar las áreas con valor paisajístico, histórico y ecológico, por lo que por una parte, se establecen procedimientos para identificar y caracterizar las áreas verdes existentes y potenciales, y por otra, se contrasta la demanda social y ambiental de este tipo de espacios, para determinar el déficit o superávit. Con base en los resultados se plantean los alcances que deberá contener la fase estratégica desde las perspectivas financiera, técnica, jurídica y de participación pública; para finalmente esbozar los programas de gestión que deberán desarrollarse.

Este proceso integra una diversidad de variables que están íntimamente interrelacionadas, pero con el propósito de ordenar el proceso se han agrupado en seis grupos denominados componentes, que faciliten su descripción y tratamiento: Físico-urbanos, tecnológicos, ambientales, financieros-económicos, jurídicos-normativos y de participación pública.

La metodología se describe por cada una de las fases y por cada componente. Para cada uno de los componentes se identifican y explican las variables a integrar, se describen los criterios o procedimientos a seguir y se definen los productos esperados.

La primera fase consiste en la organización del equipo de planeación que realizará todo el proceso, a partir de los objetivos y metas planteados.

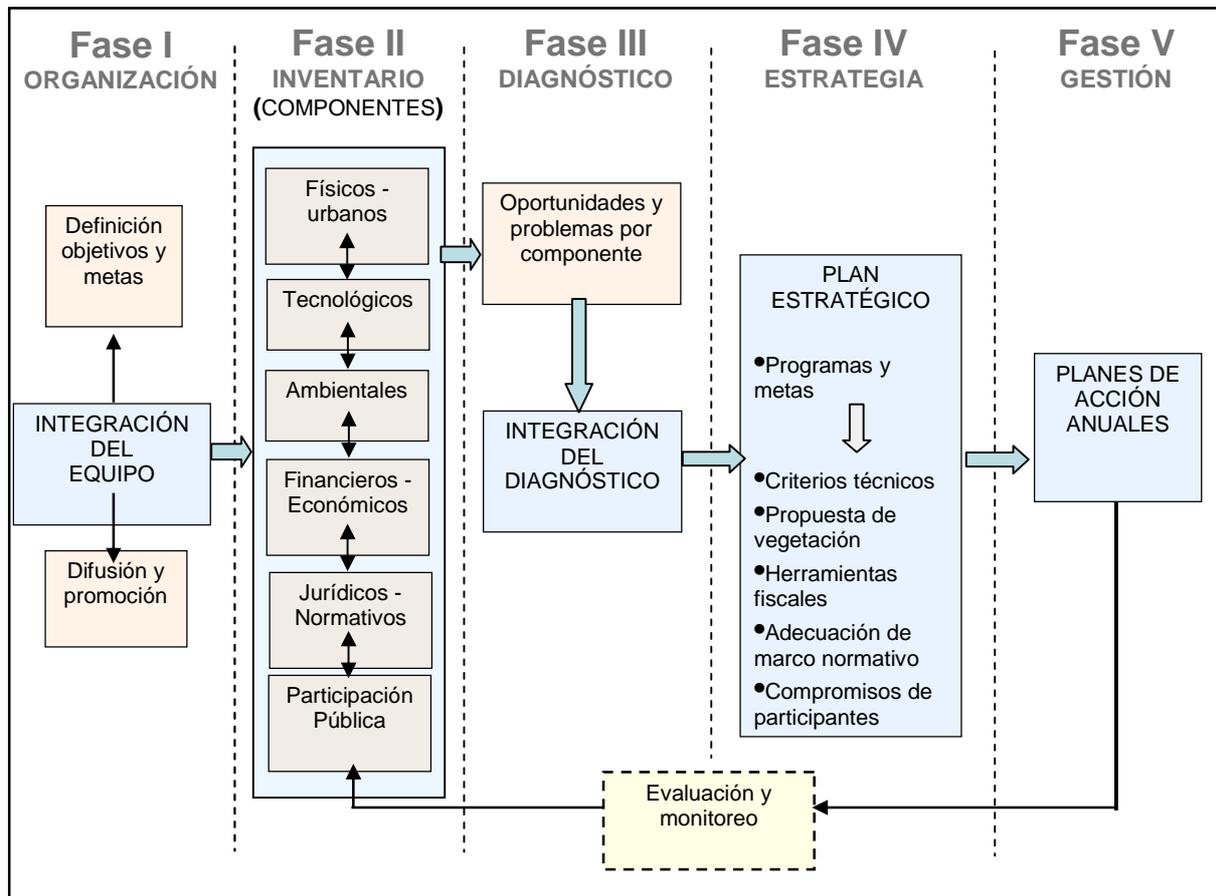
La segunda fase es el inventario de cada uno de los componentes, que se puede realizar de manera independiente.

La tercera fase es el diagnóstico, en el cual se establecen para cada uno de los componentes, los obstáculos o limitaciones y oportunidades o potenciales existentes para la planificación de las áreas verdes urbanas, integrándolos al final de manera jerarquizada, como base para establecer prioridades de acción.

La cuarta fase que es la estrategia, inicia con un plan de visión a largo plazo en el que se establecen programas estratégicos y metas a mediano y corto plazo, del cuál se desprenden programas particulares por componente.

Por último, la quinta fase es la gestión, en la que se establecen los planes de acciones para instrumentar el plan estratégico, mecanismos de seguimiento del plan y su retroalimentación (ver figura 3.1).

**Figura 3.1** Esquema metodológico para la planificación de áreas verdes urbanas: fases y acciones principales



Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.- Fase I: Organización

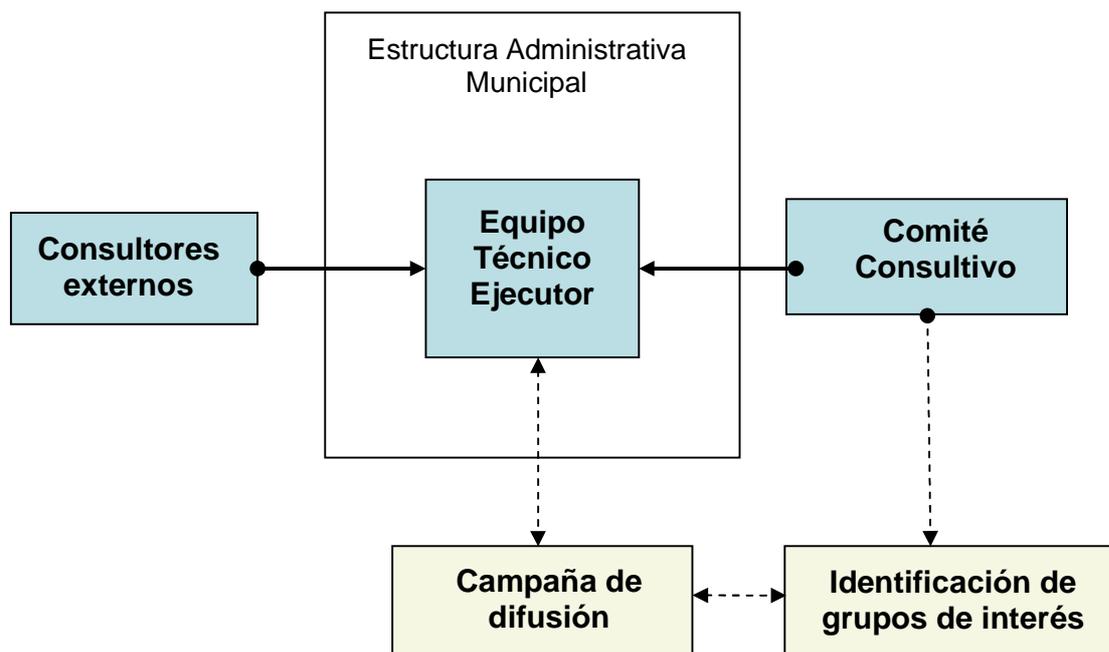
El recurso humano y su capacidad organizativa son fundamentales en todo proceso de planeación para que sea posible desarrollar y cumplir las metas establecidas. En este sentido, de acuerdo a Selman y Knight (2005: 13) el concepto de gobernanza es un factor muy importante a considerar en la planificación y manejo de áreas verdes urbanas, quienes lo definen como: el proceso mediante el cual se logra un manejo participativo y un aprendizaje social, que se puede lograr a través de dos tipos de pluralismo: 1.- El pluralismo institucional – integrado por los diferentes tipos de estructuras con distintas escalas de preocupación y responsabilidades con el ambiente y 2.- El pluralismo de grupos participantes – constituido por agrupaciones que experimentan de diferentes modos los problemas ambientales.

Scott (2002:21) por su parte adiciona la variable económica al concepto de gobernanza al describirlo como la coordinación del complejo económico y social en la ciudad-región como un todo, de manera tal que permita la acción colectiva en un segmento de la vida urbana lo cual involucra no solo instancias gubernamentales sino también organizaciones no gubernamentales, asociaciones civiles y sociedades publicas-privadas.

De esta manera, esta fase debe comprender la integración de un equipo técnico ejecutor, un comité consultivo, definición de metas y objetivos, así como una campaña que tenga como propósito el de informar y promocionar el proceso de planificación de las áreas verdes urbanas, y que permita además, identificar a los grupos de interés (ver figura 3.1-2).

La integración del equipo técnico debe conformarse dentro de la estructura interna municipal y podrá estar constituido por un equipo permanente de profesionistas con una estructura jerárquica piramidal, en la que se designen responsables por cada una de las actividades y podrá haber otros equipos de apoyo o consultores externos con un sentido mas horizontal de carácter temporal, acordes a las áreas requeridas como la de informática, educación ambiental, financiera, paisajísticas etc.

**Figura 3.1-1** Estructura organizativa propuesta



**Fuente:** Elaboración propia.

Asimismo, se requiere la conformación de un comité consultivo integrado por representantes de los diversos sectores de la comunidad que puedan valorar con independencia las propuestas realizadas por el equipo técnico ejecutor, que sea un

interlocutor con la comunidad, informe sobre las iniciativas y acciones a desarrollar y facilite la toma de decisiones.

Para la integración de este comité consultivo que permita un pluralismo de grupos participantes se pueden aprovechar estructuras conformadas en el seno de los Comités de Planeación para el Desarrollo Municipal (COPLADEM) a través de los subcomités sectoriales (POE, 2001a), y en el caso del pluralismo institucional aprovechar la constitución de comités específicos con funciones similares, como es el Consejo Consultivo Municipal de Planes de Desarrollo Urbano (XIV Ayuntamiento de Mexicali, 1993).

El COPLADEM es el foro de consulta y participación de la comunidad para definir prioridades y estrategias que integren el Plan Municipal de Desarrollo y para el diseño de programas operativos de la administración municipal.

El COPLADEMM lo preside el Presidente Municipal y está integrado por regidores, servidores públicos del gobierno federal y estatal, representantes de organizaciones empresariales, obreras, campesinas y sociedades cooperativas, representantes de colegios y asociaciones profesionales, representantes de comités de vecinos, de clubes de servicio y clubes sociales, senadores, diputados federales y locales y representantes de instituciones de educación superior y funciona por comisiones particulares como pueden ser el Subcomité de Desarrollo urbano y el Subcomité de Ecología (XII Ayuntamiento de Mexicali, 1983).

El Consejo Consultivo de los Planes de Desarrollo Urbano de Mexicali tiene por objeto emitir opiniones fundadas y motivadas relacionadas con los planes de desarrollo urbano municipal, así como de las medidas referentes a la protección del medio ambiente.

Otro de los aspectos a desarrollar en esta fase es la definición de objetivos y metas. En este apartado deberán formularse las intenciones, las propuestas generales y los beneficios que genera dicha iniciativa, con el objeto de sensibilizar y crear conciencia entre los diversos sectores de la comunidad.

Esta idea la comparten autores como Palomo (2003), Yoldi (1998) en la experiencia española del Plan Verde de Segovia, ciudad Patrimonio de la Humanidad, y McPherson y Johnson (1988) en la experiencia estadounidense descrita en el programa de forestación urbana con participación comunitaria en el pequeño poblado de Wellsville, Utah y las comunidades de San Joaquin Valley, California (McPherson y Simpson, 1999), quienes mencionan que los objetivos y metas son parte fundamental del proceso de planificación, dado que son los elementos que guían y a través de los cuáles se evalúa un plan, y pueden definirse considerando dos situaciones:

- a). A partir del análisis preliminar de problemas y necesidades de la comunidad.
- b). A partir de los beneficios e impactos positivos que pueden proveer la recuperación, restauración, conservación y creación de los diversos espacios verdes en la ciudad y zonas periurbanas.

Algunos de los postulados que pueden guiar el establecimiento de los objetivos considerando la problemática identificada y la contribución de las áreas verdes en el mejoramiento de la calidad de vida de la población y al desarrollo sustentable, desde la perspectiva ambiental, social y económica pueden ser:

### **Ambiental**

- a) Mejoramiento de la calidad atmosférica.
- b) Creación de microclimas urbanos reduciendo el efecto de isla de calor.
- c) Reducción de erosión del suelo.
- d) Protección de áreas naturales.
- e) Impulso a la biodiversidad florística y faunística.

### **Social**

- a) Incremento de espacios para la recreación y el deporte.
- b) Fortalecimiento de la identidad de la comunidad.
- c) Mejoramiento y embellecimiento del paisaje urbano.
- d) Proveer oportunidades educativas ambientales.
- e) Mejoramiento de la salud física y psicológica con espacios de relajamiento.

### **Económico**

- a) Incremento en el valor de las propiedades.
- b) Reducción de consumos de energía en edificaciones.

En esta fase, otro aspecto que resulta estratégico al inicio de este proceso de planificación, es la realización de una campaña de difusión e información pública en la que se den a conocer los objetivos generales, los compromisos de las autoridades involucradas y los beneficios y costos esperados.

Simultáneamente a las acciones informativas de esta campaña o como producto de ella, se pueden iniciar contactos de comunicación con representantes de organizaciones, instituciones, agencias internacionales y asociaciones involucradas, que puedan convertirse en participantes, grupos de opinión y patrocinadores. Durante este proceso informativo se pueden identificar aquellos grupos de interés o conflicto que pueden influir o no en el avance del proceso de planificación y la consecución de las acciones propuestas, para poder mediar posibles enfrentamientos entre el interés privado y la noción del bien común y de utilidad pública.

## **3.2.- Fase II: Inventario**

Esta fase comprende el levantamiento de información relativa, por una parte, de los recursos existentes tanto físicos como tecnológicos, ambientales, financieros, legales y humanos para la creación, conservación y promoción de áreas verdes; y por otra, la

identificación de las necesidades sociales y ambientales de la comunidad con relación a dichas áreas.

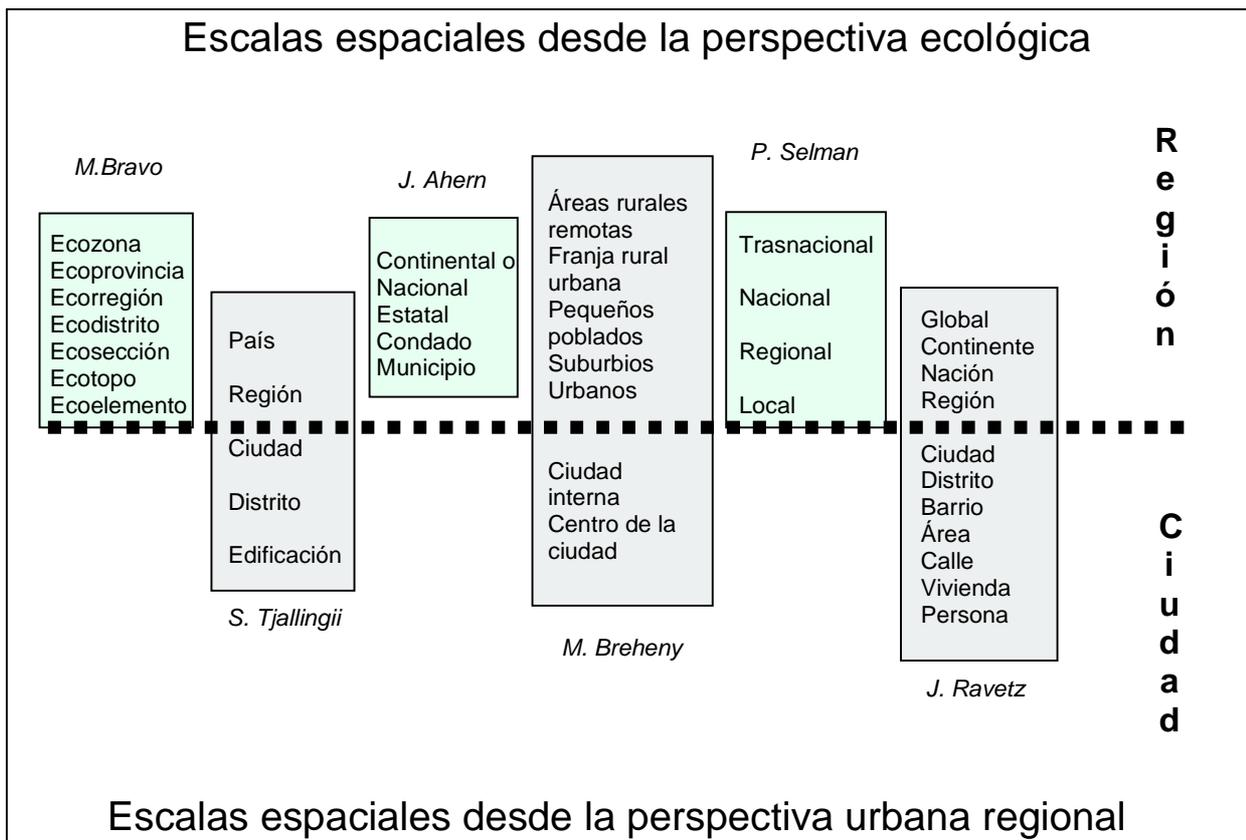
### 3.2.1.- Componente físico-urbano

#### 3.2.1.1 Escalas espaciales de planeación

Delimitar las escalas espaciales de estudio es uno de los puntos claves que definen el enfoque, los niveles de análisis y tipo de información requerida, así como los tipos de estrategias para contribuir a la sustentabilidad urbana, por lo que precisar hasta donde llega la ciudad, su área de influencia y sus formas de articulación son determinantes en el proceso de planificación.

Existen dos formas básicas de aproximarse a la determinación de escalas espaciales de planeación: por una parte, iniciar desde un enfoque regional mediante la Planeación del paisaje y descender hasta nivel de ciudad o se puede partir de la ciudad y sus características intraurbanas e ir escalando a otras macroescalas como lo determinan los enfoques de ciudad-región (ver figura 3.2-1).

**Figura 3.2-1** Escalas espaciales desde la perspectiva ecológica y urbana regional



**Fuente:** Elaboración propia.

Respecto al primer enfoque, la Planeación del paisaje en sus diferentes escalas, como lo señala Botequilha y Ahren (2002:70) es una de las diversas metodologías de la planeación física, como son también la Ecología del paisaje, Manejo de ecosistemas, la Planeación rural, y la Planeación ecológica del paisaje, o los Corredores verdes en la planeación estratégica del paisaje planteada por Ahern (1995), que presentan aportaciones en la planeación física para la sustentabilidad, basados primordialmente en principios ecológicos, cuyas escalas territoriales y unidades cartográficas básicas están referidas fundamentalmente dentro del ámbito espacial natural regional.

Estos enfoques generalmente parten de una escala jerárquica espacial amplia determinada por los componentes estructurales y funcionales de los ecosistemas, descendiendo a entidades menores, pero presentan limitaciones en su aplicación a nivel urbano ya que sus escalas se desdibujan al llegar al nivel de la ciudad.

Por otra parte, están los modelos de planeación urbana regional como el de ciudad región que parten de los umbrales intraurbanos y van escalando su conexión con la región o inclusive la escala global. En este sentido, como lo señala Borgström (2006) hay una tendencia reciente en los análisis científicos de basarse y partir de la escala urbana, por el hecho de que los procesos desarrollados en las ciudades son los responsables de los efectos y cambios en los ecosistemas globales.

A continuación se examinan diversos criterios para la determinación de escalas espaciales agrupadas en dos tipos: las que tienen un enfoque ecológico y parten de la escala regional y las clasificaciones que parten de la perspectiva urbana.

### **Escalas espaciales desde la perspectiva ecológica**

Desde la perspectiva regional y ecológica, existen autores como Bravo et al. (1998), Ahern (1995) y Selman y Knight (2005), que establecen diversas clasificaciones en la determinación de escalas espaciales, que a continuación se examinan:

Bravo et al. (1998) establece una clasificación basada en las características de los ecosistemas y sus escalas y unidades cartográficas. Esta clasificación incluye escalas con amplias dimensiones como las Ecozonas que expresan los procesos geológicos o climáticos cuya unidad cartográfica básica puede ser mayor a 62,500 km<sup>2</sup>; o escalas intermedias como el Ecodistrito que tienen como espacio de referencia la cuenca hidrográfica, que constituyen las entidades territoriales mínimas de interacción del ciclo hidrológico con la biosfera; hasta llegar a la unidad más pequeña y distintiva del paisaje, definida por la interacción de componentes bióticos y abióticos en la que se puede identificar la estructura de la vegetación por su homogeneidad y que puede ser cartografiada como polígono, denominada Ecotopo con una superficie mínima de 2500 m<sup>2</sup> (ver figura 3.2-2).

Otra clasificación es la que realiza Ahren (1995) de los Corredores verdes o "Greenways" a partir de la superficie y atributos asociados. Los corredores verdes son el término genérico que ha sido aplicado a una amplia gama de estrategias y conceptos de planeación del paisaje, que sugieren que los paisajes en el futuro deben estar

estructurados espacialmente por “parches o fragmentos” y “corredores” para contrarrestar la desintegración del paisaje realizada por el hombre. Este concepto está basado principalmente en estudios ecológicos concernientes a mantener el hábitat natural en paisajes fragmentados conectados mediante corredores verdes, aunque también pueden responder a otros propósitos como el recreativo, cultural y estético, siempre y cuando sean compatibles con el uso sustentable del suelo.

**Figura 3.2-2** Sistema de clasificación jerárquica de ecosistemas a diferentes escalas espaciales

NIVELES DE CLASIFICACIÓN	ESCALA CARTOGRÁFICA INDICATIVA	UNIDAD CARTOGRÁFICA BÁSICA	CARACTERÍSTICAS DE LA CLASIFICACIÓN
<b>ECOZONA</b>	1: >50,000,000	> 62,500 Km <sup>2</sup>	Climáticas
<b>ECOPROVINCIA</b>	1: 50,000,000 – 10,000,000	62,500 – 2,500 Km <sup>2</sup>	Geológicas y Geomorfológicas
<b>ECORREGION</b>	1: 10,000,000 – 2,000,000	2,500 – 100 Km <sup>2</sup>	Litológicas y Geomorfológicas
<b>ECODISTRITO</b>	1: 2,000,000 – 500,000	10,000 – 625 ha	Hidrología superficial y subterránea
<b>ECOSECCIÓN</b>	1: 500,000 – 100,000	625 – 25 ha	Relieve, suelos
<b>ECOSERIE</b>	1: 100,000 – 25,000	25 – 1.5 ha	Condiciones que afectan directamente el crecimiento de la vegetación ( suelo, lluvias)
<b>ECOTOPO</b>	1: 25,000 – 5,000	1.5 – 0.25 ha	Unidad espacial más pequeña que puede ser cartografiada como polígonos y posee una estructura de la vegetación homogénea
<b>ECOELEMENTO</b>	1: < 5,000	< 0.25 ha	Elementos puntuales no cartografiables como polígonos a escalas superiores

Fuente: Klijn, 1994; citado por Bravo et al., 1998.

La clasificación de escalas de corredores verdes propuesta por Ahren (1995) la establece a partir de la superficie del paisaje en la cual pueden estar situados, considerando sus rasgos fisiográficos así como la división política administrativa, como se puede ver en la figura 3.2-3.

De acuerdo a esta clasificación, el ámbito municipal es en el que se pueden referenciar elementos verdes urbanos como arroyos o ríos que crucen una ciudad, sin embargo esta clasificación por los rasgos geográficos y superficie que establece, excluye una gran diversidad de tipos de áreas verdes del complejo urbano.

Por último, Selman y Knight (2005:5) enriquecen las escalas del paisaje con nociones complementarias ya que menciona que los estudios ecológicos del paisaje han enfatizado en particular la escala espacial como la única propuesta para su promoción, dado que es vista como una propiedad territorial y uno de los aspectos principales del paisaje; pero el paisaje requiere de un tratamiento amplio, como entidad multifuncional en el desarrollo rural integrado.

**Figura 3.2-3** Clasificación de corredores verdes basada en escalas de superficie y atributos

Orden	Superficie (km <sup>2</sup> )	Fisiografía	Unidad política	Orientación funcional
1	1-100	Pequeños arroyos	Municipio	Implementación Manejo
2	100-10,000	Ríos, rasgos regionales	Condado Estado	Coordinación Política
3	10,000-100,000	Cuencas hidrográficas, montañas	Estado Países pequeños	Política
4	> 100,000	Continental	Países grandes y continentes	Política

**Fuente:** Ahern (1995).

Por lo que Selman y Knight (2005) sugieren que las escalas del paisaje pueden ser interpretadas también en términos de: un eje espacial, un eje temporal y un eje de transformación en donde se muestre como el suelo ha sido modificado, fragmentado y dañado por el desarrollo de las ciudades y en sus franjas rurales-urbanas, así como un eje organizacional o institucional que indica posibilidades para la gobernanza de dichos espacios (ver figura 3.2-4).

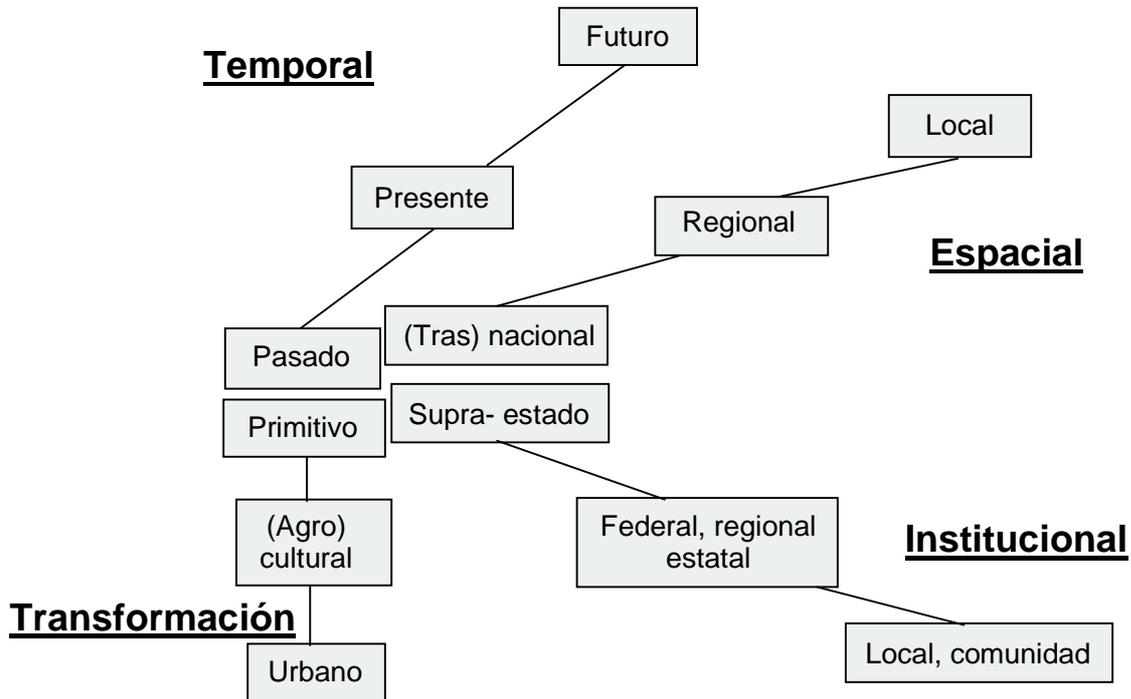
Selman y Knight (2005:8) establecen que la planeación del paisaje involucra las tres escalas, y que deben diseñarse acciones para el mejoramiento, restauración y creación de nuevos paisajes que satisfagan las aspiraciones de la gente. Así mismo señalan que la planeación del paisaje debe enfocarse en particular a las áreas afectadas por el crecimiento urbano, como son las áreas periurbanas, agroindustriales y costeras, siendo uno de los propósitos principales restaurar los paisajes dañados.

Desde esta perspectiva la planeación del paisaje es regional-local y aunque considera dentro de la escala local, las áreas verdes periurbanas, no considera las escalas a nivel intraurbano de la ciudad.

### **Escalas espaciales desde la perspectiva urbana regional**

Otra forma de abordar las escalas territoriales de planeación es desde la perspectiva urbana-regional, como lo señalan Tjallingli (1995), Breheny y Rookwood (1993) y Ravetz (2000) que definen escalas de planeación en el nivel intraurbano que van escalando hasta el nivel regional y global.

Figura 3.2-4 Nociones complementarias de escalas del paisaje



Fuente: Selman y Knight (2005).

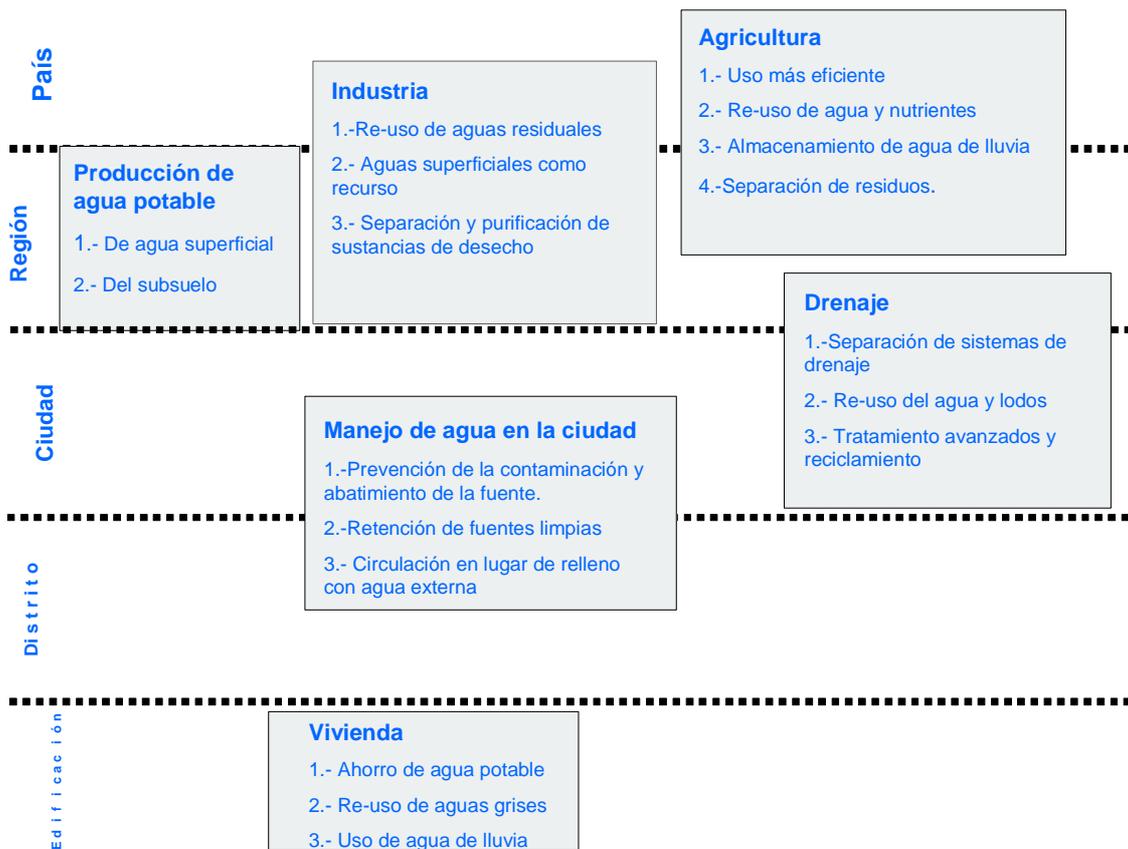
Tjallingli (1995: 146) establece que la ecología no provee explicación acerca de los procesos económicos, sociales o del comportamiento humano, sin embargo los principios ecológicos pueden guiar dichos procesos en cierta dirección para prevenir problemas ambientales o para hacer la ciudad más habitable. Él se basa en el concepto de ecosistema como marco de referencia para definir instrumentos de análisis de la relación entre la sociedad y los factores bióticos y abióticos y contribuir a establecer una estrategia para la ciudad. En este sentido la ciudad es conceptualizada como un ecosistema complejo y su propuesta está enfocada no tanto con la ecología **en** la ciudad, sino con la ecología **de** la ciudad, de ahí el nombre de ECOPOLIS.

De acuerdo a Tjallingli (1995) las estrategias para resolver los problemas ambientales son definidas a través de *Modelos guías de cadenas* que pueden dirigir los procesos de cambio, los cuáles para ser efectivos y eficientes establece cinco escalas: edificación, distrito, ciudad, región y país. Los modelos guías los establece para cuatro componentes: energía, agua, residuos y transporte. (ver figura 3.2-5 que ejemplifica el recurso agua).

Breheny y Rookwood (1993: 150) mencionan que existen diferentes escalas espaciales y de intervención para lograr un desarrollo urbano sustentable, que van desde el centro de las ciudades hasta las áreas rurales remotas, que consideradas como un todo, denomina como “Ciudad-Región Social” cuyos componentes básicos los clasifica en seis tipos:

1. Ciudad- centro
2. Ciudad- áreas intraurbanas
3. Ciudad- suburbios
4. Pequeños poblados y nuevas comunidades
5. Mezcla urbana-rural
6. Áreas rurales remotas

**Figura 3.2-5** La cadena del agua, estrategia general



**Fuente:** Tjallingli; 1995.

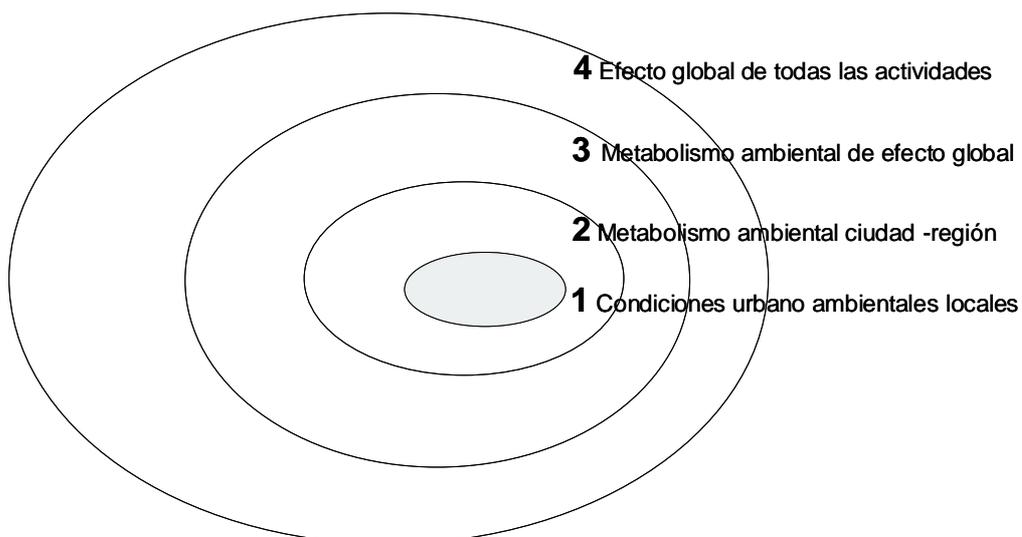
Breheny y Rookwood (1993) establecen que uno de los factores determinantes en la sustentabilidad es la forma urbana, esto es, la configuración del patrón de asentamientos de las ciudades, dado que la forma urbana afecta por ejemplo los patrones de transporte privado, lo cual influye en el consumo de combustibles y estos a su vez en la cantidad de emisiones a la atmósfera. Por lo tanto las estrategias para la sustentabilidad urbana desde su perspectiva, deben considerar no solo el control de los nuevos desarrollos urbanos, sino que deben enfocarse e incidir en la gran variedad de condiciones locales de los centros urbanos existentes.

Respecto a la propuesta de Ravetz (2000:9) ésta parte de la concepción de que los centros urbanos no son islas autocontenidas, sino que las ciudades y regiones son por naturaleza espacios especializados de intensa actividad, tomando recursos y produciendo bienes y servicios de otras partes. Por lo tanto, se debe enfocar la ciudad-región y su interrelación con el mundo exterior, como una escalera para la sustentabilidad que parte de las condiciones locales, para lo cuál determina niveles de análisis y responsabilidad de los sistemas urbanos y sus impactos globales (ver Figura 3.2-6)

Ravetz (2000) establece una clasificación de once categorías que integra todas las posibles escalas espaciales que van desde la persona hasta el mundo y en las que la ciudad se encuentra en medio; en las que se pueden examinar patrones de actividades, capacidades, funcionamiento territorial y metabolismos, con el objeto de definir estrategias para la sustentabilidad.

- Mundo
- Continente
- País
- Región
- **Ciudad**
- Distrito
- Barrio
- Área
- Calle
- Vivienda
- Persona

**Figura 3.2-6** Escalera de la sustentabilidad local



**Fuente:** Ravetz (2000).

En suma, como se puede observar los tipos de planeación física cuyo enfoque básico es ecológico, aportan elementos importantes para la identificación, evaluación y manejo de los recursos en la escala regional, pero tienen restricciones para identificar, caracterizar y evaluar las áreas verdes a nivel urbano, porque su orientación parte de los procesos naturales y escalas amplias del paisaje y cuando descienden a escalas espaciales locales, se ven limitadas en su aplicación porque en la configuración de las estructuras urbanas intervienen otros factores además de lo ambientales, como son los procesos de sociales y económicos.

Por lo tanto, como el objeto de estudio es primordialmente urbano y la problemática identificada parte de este nivel, se consideró más apropiado iniciar el estudio de las áreas verdes desde la escala urbana-intraurbana y escalar la interrelación con su entorno y región utilizando la aportación que hacen los enfoques ecológicos como es la regionalización hidrológica, con la cual se pueden identificar las áreas verdes potenciales, que serían integradas al sistema de áreas verdes urbanas.

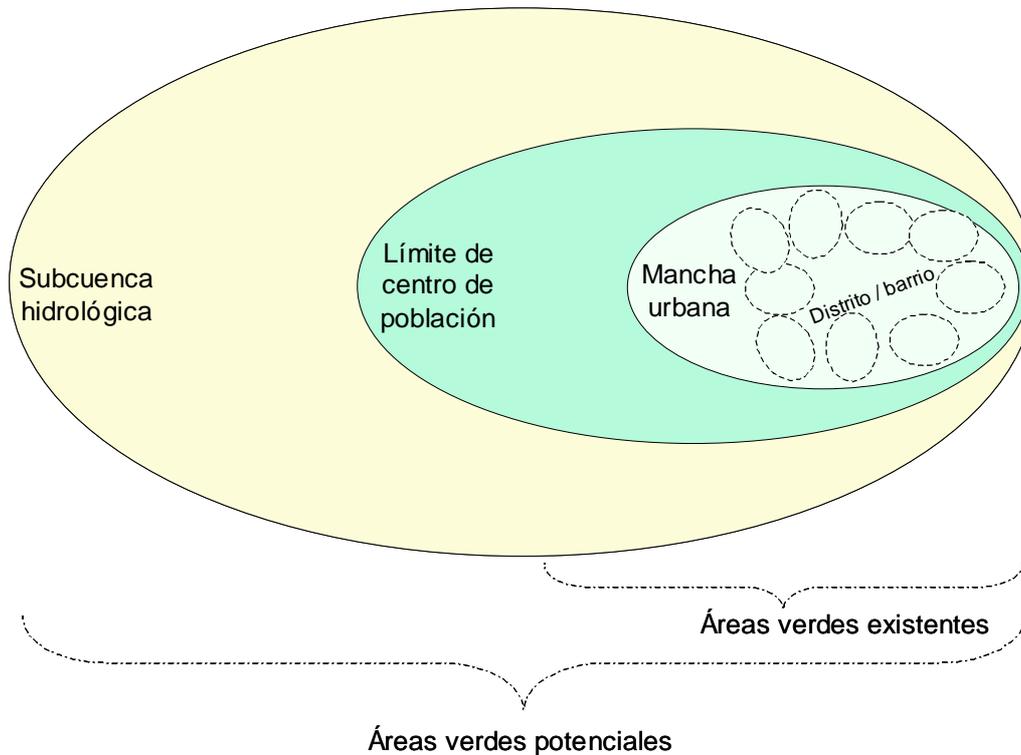
### **3.2.1.2. Inventario físico-urbano**

Bajo estas consideraciones, en este rubro se requiere identificar, caracterizar y ubicar las áreas verdes como elementos físicos-urbanos considerando tres escalas espaciales: la mancha urbana, el límite de centro de población y la cuenca hidrológica en la escala regional. En la mancha urbana y zonas periurbanas dentro del límite de centro de población se identifican las áreas verdes existentes y potenciales y en la cuenca o subcuenca hidrológica, se identifican las áreas verdes potenciales. Por otra parte, se identifica la demanda de equipamiento urbano desde la perspectiva de las necesidades sociales de la población en cuanto a espacios para la recreación y el deporte. Asimismo, se requiere identificar y caracterizar el tipo de estructura urbana de la ciudad, con el objeto de establecer la disposición de las áreas verdes en el tejido urbano (ver figura 3.2-7).

Las áreas verdes potenciales comprenden por una parte, aquellas áreas no aptas para el desarrollo urbano como son: laderas, suelos inestables, áreas de inundación, lechos de ríos, arroyos, áreas de valor productivo, ecológico, paisajístico o histórico y áreas disturbadas, considerando como unidad territorial de análisis, la propuesta por Miller (1998) y Bravo et al. (1998) de cuenca o subcuenca a partir de la regionalización hidrológica; así como las áreas fuera de la mancha urbana dentro del límite de centro de población.

Por otra parte, se consideran también como áreas verdes potenciales aquellas áreas no desarrolladas pero designadas para tal fin a través de ordenamientos o instrumentos jurídicos como son los programas de desarrollo urbano de centros de población y autorizaciones de fraccionamientos.

**Figura 3.2-7** Escalas espaciales para el inventario de las áreas verdes potenciales y existentes

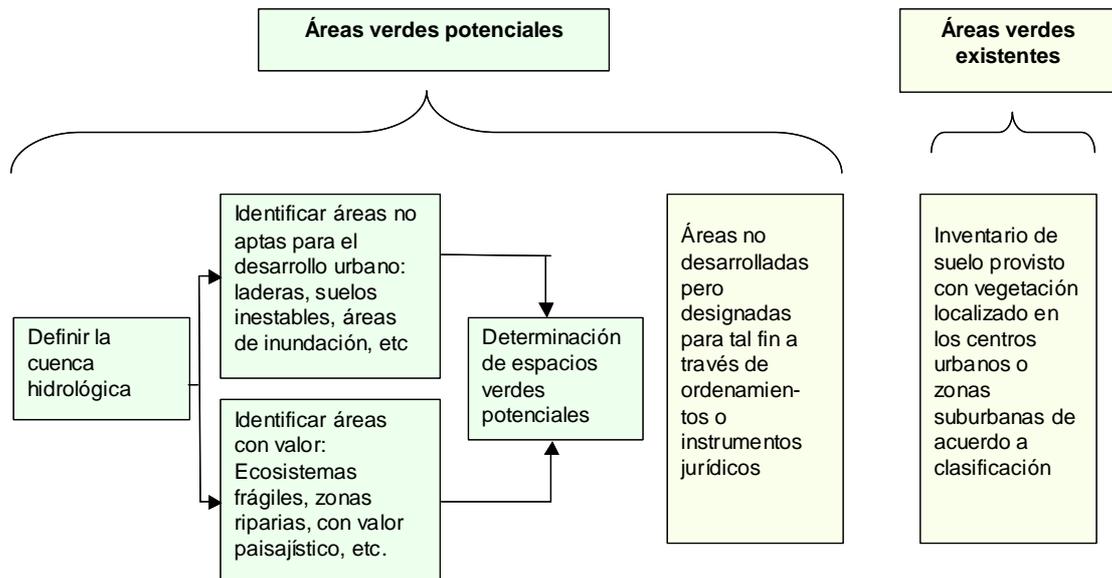


**Fuente:** Elaboración propia.

Las áreas verdes existentes comprenden el suelo localizado dentro de la mancha urbana, constituido predominantemente por superficies permeables como tierra, y provisto predominantemente por vegetación como pasto, arbustos y árboles y otro tipo de superficies impermeables o edificaciones; del dominio público o privado que puede desempeñar funciones ambientales, recreativas, deportivas, funcionales y/o productivas y cuyo origen puede ser natural o acondicionado (ver figura 3.2-8).

Para realizar el inventario de áreas verdes se requiere primeramente identificar la cobertura vegetal y posteriormente caracterizarla. La identificación se puede realizar mediante diferentes técnicas como se explica más adelante en el apartado 3.2-2 “Componentes tecnológicos” de este capítulo y se ejemplifica en el Anexo 1. La caracterización de las áreas verdes existentes y potenciales requiere hacer un inventario a partir de una clasificación que considere los diversos tipos de áreas, de acuerdo a su carácter, función y origen, con el objeto de determinar los agentes responsables para asegurar la creación, conservación, restauración, fomento, aprovechamiento y cuidado de dichas áreas.

**Figura 3.2-8** Inventario de áreas verdes potenciales y existentes



**Fuente:** Elaboración propia con base en el texto de Miller (1998).

De acuerdo a Miller (1998), Botequilha y Ahren (2002) los sitios clave en la planeación de las áreas verdes a nivel regional para proteger la biota local y los ecosistemas únicos son: las zonas riparias, los humedales, las laderas con pendientes pronunciadas, los suelos inestables, las áreas de recarga de acuíferos y los grandes bloques de vegetación nativa; ya que al proteger estos elementos y la calidad del agua se multiplicarán los beneficios para los residentes urbanos.

La clasificación propuesta para el inventario de áreas verdes se realiza a partir del tipo de áreas verdes, agrupadas en sistemas y subsistemas y enunciadas a nivel de elemento (ver tabla 1.2-1 "Tipología de áreas verdes urbanas propuesta"). Se debe cuantificar las áreas verdes para cada uno de los elementos, y para su caracterización se debe realizar en una primera etapa, muestreos a nivel de sitio para identificar el tipo de vegetación predominante y las condiciones de la misma, así como de la infraestructura de apoyo, y posteriormente programar un levantamiento de cada uno de los sitios.

Es importante también considerar que cada uno de los elementos de las áreas verdes que se identifiquen, se deben ubicar dentro de una escala espacial jerárquica, que permita por una parte inventariar todo tipo de área con vegetación desde la existente en un predio hasta un parque urbano; y por otra parte que sirva de referente para identificar las instancias participantes (Federación, Estado y municipio) en las acciones de gestión. Las escalas propuestas son cuatro: edificio, barrio o distrito, ciudad y región -tomando como referencia y adecuando el modelo de Tjallingli- clasificadas de acuerdo a su tipo en públicas o privadas. En este sentido, se debe mencionar que las áreas verdes públicas se rigen primordialmente en su ubicación por criterios sociales y funcionales, mientras que las lógicas de localización de las áreas verdes privadas están determinadas más por criterios económicos. (ver figura 3.2-9).

Respecto a las necesidades sociales de la población en cuanto a este tipo de espacios y de acuerdo a la clasificación de áreas verdes propuesta, las necesidades a estimar son las consideradas dentro del subsistema de equipamiento urbano, específicamente los subsistemas de recreación y deporte, que cuentan con criterios de dotación a nivel urbano.

En este sentido, es significativa la aplicación de los criterios establecidos en el Sistema Normativo de Equipamiento Urbano de la SEDESOL (2001b) que contienen los elementos técnicos para evaluar las necesidades, demandas o requerimientos actuales de los diversos servicios. Este sistema contiene las bases para estimar y ubicar los equipamientos, desde la escala regional hasta la escala urbana y contempla los criterios de dotación para cada uno de los elementos, estableciendo las superficies totales y específicamente la superficie de áreas verdes.

**Figura 3.2-9** Escalas jerárquicas por tipo de áreas verdes

<b>Región</b>	Áreas naturales protegidas federales, estatales o municipales	Presas	Ríos, cañadas, cuerpos de agua	Parcelas	
	Parque urbano, Área de ferias y Espectáculos deportivos.	Unidad deportiva Ciudad deportiva	Canales drenes	Corredores verdes	Campos de Golf Zonas industriales Complejos turísticos Cementerios
<b>Ciudad</b>	Plaza cívica, Juegos infantiles, Jardín vecinal, Parque de barrio	Módulo deportivo, Centro deportivo, Gimnasio deportivo, Alberca deportiva	Camellones Banquetas Glorietas	Parques industriales	Centros comerciales Corredores comerciales
	Áreas verdes entorno a edificios públicos	Jardines residenciales, patios, frentes de predios	Áreas verdes entorno a edificios de oficinas o centros educativos	Hoteles	
<b>Distrito o Barrio</b>					
<b>Edificio</b>					

**Fuente:** Elaboración propia tomando como referencia el modelo de Tjallingli.

Los elementos del Subsistema de Recreación a considerar son: Plaza cívica, Juegos infantiles, Jardín vecinal, Parque de barrio, Parque urbano, Área de ferias y exposiciones y Espectáculos deportivos. Para el subsistema de Deporte, los elementos

son: Módulo deportivo, Centro deportivo, Unidad deportiva, Ciudad deportiva, Gimnasio deportivo, Alberca deportiva y Salón deportivo.

Para cada uno de estos elementos se determina la superficie total requerida por módulo, la población atendida por módulo, la superficie de áreas verdes, el radio de influencia urbana y el núcleo de servicios en los que debe localizarse; con el objeto de analizarlos respecto al total de la población del centro urbano estimada para un año determinado y establecer el número de módulos y la superficie de áreas verdes requerida por elemento y total del subsistema. Este mismo cálculo se puede realizar con poblaciones proyectadas a mediano y largo plazo, y utilizar las demandas de áreas verdes como metas a alcanzar en la fase estratégica (ver tabla 3.2-1).

### 3.2.2.- Componente tecnológico

Los datos son el principal material para el proceso de planificación y una de las primeras situaciones que se requiere determinar es como se van a capturar, actualizar, archivar, procesar y presentar los datos obtenidos, para lo cual en este apartado se establecerán los criterios y recursos técnicos que se requieren, y con los que se cuenta para capturar y analizar la información. Asimismo, se deberán analizar las guías técnicas para la forestación.

Es generalmente aceptado que el tiempo máximo de validez de los datos sea de cinco años y en los casos de vegetación o fauna es recomendable que no supere los tres años, lo que sugiere que en cada administración municipal deberá actualizarse la información.

Una de las bases técnicas importantes para el proceso de planificación es la cartografía. De acuerdo a Sukopp y Witting (1993) citados por Palomo (2003), las escalas adecuadas dependerán del objeto de estudio:

- a) A nivel nacional o regional (clasificación y usos del suelo): 1:200,000, 1:50,000 y 1:25,000.
- b) Ámbito metropolitano (topografía, infraestructura, suelos): 1:25,000 y 1:10,000.
- c) Para catastro: 1:10,000.
- d) Para planificación urbana: 1:5,000, 1:4,000, 1:2,000 y 1:1,000.

Con el procesamiento de imágenes de satélite es posible manejar tanto en papel como en formato digital, la escala que resulte más práctica, aunque esto dependerá del nivel de resolución o tamaño del píxel de la imagen.

Las fotografías aéreas son también una fuente para el inventario de la cubierta vegetal, a través de la fotointerpretación. Las escalas adecuadas son las que van de 1:2,000 a 1:4,000.

**Tabla 3.2-1** Formato para cálculo de necesidades sociales de áreas verdes urbanas con base en criterios de SEDESOL

**SUBSISTEMA : RECREACION**

ELEMENTO	RADIO DE SERVICIO URBANO (m) 1	SUP. TOTAL X MÓDULO (m <sup>2</sup> ) 2	SUP. ÁREAS VERDES (AV) (m <sup>2</sup> ) 3	POBLACIÓN ATENDIDA X ELEMENTO 4	POBLACION USUARIA POTENCIAL 5	CANTIDAD MÓDULOS REQUERIDOS 6	SUP. TOTAL REQUERIDA (m <sup>2</sup> ) 7	SUP. TOTAL REQUERIDA DE AV (m <sup>2</sup> ) 8	OBSERVACIONES
Plaza Cívica	335 a 1,340	21,500	1,740	100,000	100%				
Juegos Infantiles	350 a 700	5000	1,137	17,500	33%				
Jardín Vecinal	350	10,000	3,255	10,000	100%				
Parque de Barrio	670	44,000	26,000	40,000	100%				
Parque Urbano	30 (km)	800,000	728,000	400,000	100%				
Área de Ferias y Exposiciones	30 (km)	50,000	9,696	500,000	100%				
Espectáculos Deportivos	30 (km)	136,000	52,000	500,000	100%				

SUBTOTAL

**SUBSISTEMA : DEPORTE**

Modulo Deportivo	750 a 1,000	23,886	1,737	75,134	60%				
Centro Deportivo	1,500	44,833	3,800	451,212	60%				
Unidad Deportiva	60 (km)	100,839	12,100	454,265	60%				
Ciudad Deportiva	250 (km)	158,060	28,224	1'023,330	60%				
Gimnasio Deportivo	1,500	6,375	975	150,000	60%				
Alberca Deportiva	1,500	7,500	2,100	150,000	60%				
Salón Deportivo	1,000	2,465	377	50,750	60%				

SUBTOTAL

TOTAL

1 Es la distancia promedio que los usuarios potenciales deben recorrer para utilizar los servicios ofrecidos

2 Es la superficie total del predio recomendable que incluye las superficies construidas y espacios exteriores

3 Es la superficie recomendable exclusiva para áreas verdes por elemento

4 Es la población que directa o indirectamente es posible beneficiar por elemento

5 Son los distintos grupos de edad y/o sectores socioeconómicos de la población que pueden aprovechar los servicios

6 Es la cantidad mínima de elementos que se requiere dotar de acuerdo al rango de población y nivel de servicio

7 Es la superficie total por elementos requeridos, resulta de multiplicar 2 por 6

8 Es la superficie total de áreas verdes requerida por elementos, resulta de multiplicar 3 por 6

**Nota**

Cálculos realizados con una población estimada al 2005 de 680,774 habitantes; utilizando EL Sistema Normativo de Equipamento de SEDESOL

**Fuente:** Elaboración propia con base en criterios de SEDESOL (2001b).

Las imágenes de satélite, las cuales requieren para su procesamiento programas de computación, son una fuente de información que provee mayor precisión y ventajas respecto a las fotos aéreas, particularmente las multiespectrales ya que pueden registrar la actividad fotosintética de las plantas. Las resoluciones adecuadas van de 0.60 a 2.5 metros.

Idealmente las fotos aéreas e imágenes de satélite deben ser tomadas al inicio del verano, cuando los árboles caducifolios tengan su follaje completo. Las fotos aéreas deben ser tomadas preferentemente al mediodía, que es cuando se producen menos sombras y es más fácil la fotointerpretación. Las ortofotos corregidas son las mejores.

En suma, para obtener los datos de la cubierta vegetal urbana existen diversos procedimientos que deben ser considerados como complementarios como son la fotointerpretación de fotos aéreas, el análisis de imágenes de satélite así como muestreos de vegetación en campo.

### **Métodos para identificar la cubierta vegetal urbana**

De acuerdo a Novak et al. (1996), existen cuatro métodos para determinar la cubierta vegetal en una ciudad, a partir de fotografías aéreas:

- a) *Cuadrícula a escala.* Consiste en dividir en una retícula a escala la foto aérea. Entre más fina la retícula más refinada y precisa será la estimación. Para cada uno de los polígonos se evalúa la cubierta vegetal para obtener la superficie total.
- b) *Método de transecto.* Se trazan en un acetato líneas paralelas o al azar con una longitud fija. Se determina la longitud de la línea que cruza cubierta vegetal dividida entre la longitud total de la línea, lo que representa el porcentaje de cubierta vegetal. Se pueden calcular errores estándar de la varianza del total de la longitud de cruces de las diferentes líneas.
- c) *Método de puntos.* Consiste en sobreponer una serie de puntos equidistantes sobre una foto. El número de puntos que cae sobre cubierta vegetal se divide entre el total de puntos, lo que representa el porcentaje de cubierta vegetal.
- d) *Método de escáner.* Este es más preciso y detallado respecto a los métodos anteriores, ya que no se basa en muestreos, aunque depende de la habilidad del foto-intérprete para clasificar correctamente la información. Se requiere equipo especial y fotos rectificadas. Este método consiste en que los límites de cada cubierta vegetal son digitalizados en una base de datos o sombreados en un acetato, y así la cubierta puede medirse con un paquete de dibujo o con un planímetro para integrarlas posteriormente en un sistema de información geográfica.

Otro método para identificar la cubierta vegetal es utilizando imágenes de satélite multiespectrales que pueden registrar la actividad fotosintética de las plantas, que aunque requiere programas de computación y personal especializados, presenta varias

ventajas respecto a los métodos antes mencionados, como son, la rapidez de los procesos, el poder integrar la información en un sistema de información geográfica y realizar diversos análisis y sobre todo la exactitud; ya que la fotointerpretación visual de áreas verdes está sujeta a errores o a una mala interpretación como es el caso de las sombras de los árboles que pueden confundirse con su propia fronda, lo que puede conducir a sobreestimar la cubierta vegetal.

Para la identificación de la cubierta vegetal a través de imágenes de satélite se puede utilizar un índice de vegetación, que es un número generado por la combinación de bandas de las imágenes, como son la banda roja e infrarrojo cercano y que pueden tener relación con la cantidad de vegetación en un determinado píxel. La mayoría están basados en las diferentes interacciones entre la vegetación y la energía electromagnética de la banda roja e infrarrojo cercano. De acuerdo a Ray (1994), los índices de vegetación más comunes son:

- a) Ratio Vegetation Index (RVI).
- b) Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).
- c) Infrared Percentage Vegetation Index (IPVI).
- d) Difference Vegetation Index (DVI).
- e) Perpendicular Vegetation Index (PVI).
- f) Weighted Difference Vegetation Index (WDVI).

De estos índices, el NDVI tiene la ventaja de que su variación es entre -1 a 1, lo que lo hace fácil su interpretación ya que cualquier valor positivo arriba de cero representa actividad fotosintética, mientras que el RVI varía de 0 a infinito. Por otra parte el IPVI aunque también tiene valores restringidos entre 0 y 1, al igual que el WDVI y PVI son muy sensitivos a las variaciones atmosféricas, requiriéndose regularmente realizar correcciones en las imágenes particularmente cuando son tomadas en fechas diferentes.

El índice NDVI evita el posible error de confundir el follaje con las sombras proyectadas, sin embargo, este índice si bien identifica la actividad fotosintética también tiene la limitación que no puede distinguir el follaje de los árboles de otro tipo de vegetación como los arbustos o pastos, requiriendo hacer un levantamiento en campo para determinar las especies representativas.

A nivel de sitio, se deben hacer muestreos de campo de las áreas verdes identificadas para conocer las condiciones del sitio y las especies existentes, determinar la altura de los árboles, diámetro del tronco, salud del árbol, etc. En este sentido, Bernhardt y Swiecki<sup>1</sup> (2001) en su publicación: "Guías para el Desarrollo y Evaluación de

---

<sup>1</sup> Bernhardt E.A. & Swiecki T. J. (2001). Guidelines for Developing and Evaluating Tree Ordinances. Phytosphere Research, Vacaville. USDA Forest Service. La versión en PDF se puede encontrar en: <http://www.yorku.ca/carmelca/3740/readings/urban%20forests/guidelines%20for%20tree%20ordinances.pdf>

Reglamentaciones de Árboles” establecen criterios para el inventario y medición de árboles.

Respecto a información técnica sobre forestación urbana, deben identificarse y revisarse las Guías de Forestación, Manuales Técnicos de Reforestación, Cartillas de Forestación o Agroforestería, etc., con el objeto de identificar los criterios técnicos existentes para el cuidado y mantenimiento de la vegetación. Como resultado de este apartado, se determinan la información y recursos técnicos existentes, así como las necesidades cartográficas, programas de computación y capacitación del personal.

### 3.2.3.- Componente ambiental

En este apartado se recopila información básicamente de clima, suelo, disponibilidad de agua, especies vegetales y contaminación. Dado que las áreas verdes se caracterizan por tener como componente predominante la vegetación, es fundamental por una parte, identificar y analizar las características del ambiente que son esenciales para el desarrollo de las plantas, así como la selección de especies que se adapten y respondan a las condiciones del ambiente; y por otra parte cuantificar las necesidades de áreas verdes desde el punto de vista de sus servicios ambientales.

Los requerimientos para que las plantas crezcan adecuadamente son extremadamente variados dependiendo de las especies, pero de manera general los elementos básicos del ambiente, que determinan el desarrollo de las plantas son dos: el suelo y el clima. De esta manera se establece una fuerte interdependencia entre clima-suelo-vegetación, aunque es el clima el que ejerce una fuerte presión y admite solo moderada influencia de los otros dos, mientras que la relación suelo-vegetación es más recíproca (López y Ramos, 1969).

En este sentido, el mejor indicador de adaptación son las plantas nativas, que son especies capaces de desarrollarse bajo las condiciones ambientales de manera natural, sin embargo en los medios urbanos existe gran cantidad de especies introducidas que requieren de acondicionamiento para su adecuado desarrollo.

A nivel regional, se pueden identificar las grandes agrupaciones de vegetación nativa: a partir de las Cartas Estatales de Vegetación editadas por INEGI, las clasificaciones de vegetación regionales en publicaciones como las de Rzedowski (1981) o listados fitogeográficos resultados de estudios locales.

En el caso de las especies introducidas en el medio urbano, se puede realizar un muestreo de las plantas existentes en las áreas verdes, las que ofertan los viveros o consultar las guías de forestación elaboradas por los propios Ayuntamientos, con el objeto de elaborar un inventario o paleta vegetal de las especies existentes y potenciales. Como lo señalan Duffield y Jones (1998), las exigencias ambientales para el adecuado desarrollo de las plantas en un medio urbano son asegurar un buen suelo con nutrientes, adecuado drenaje, cantidad apropiada de sol y un apropiado abastecimiento de agua. Por lo tanto, los datos básicos que debe integrar el inventario

de especies vegetales son: nombre científico, nombre común, tipo, altura, diámetro y requerimientos de agua, suelo y luz.

## **Suelo**

Los suelos están conformados por partículas minerales de diferente tamaño, materia orgánica mineralizada, aire y agua. El conjunto de estos elementos constituyen el volumen de un suelo. La parte mineral es la más importante de ese volumen y está integrada básicamente por tres clases de partículas de diferente tamaño, que de mayor a menor son: arenas de 2 mm a 0.05 mm limos de 0.05 a 0.002 mm y las arcillas menores de 0.002. En los suelos existen sales altamente solubles como cloruros y sulfatos y dependiendo de su concentración, se determina lo que en química del suelo se conoce como pH (Venegas, 1991).

En este sentido, es importante determinar el tipo de suelo y sus características, ya que por ejemplo un suelo arenoso generalmente es bajo en nutrientes y un suelo arcilloso presenta dificultades de drenaje, lo que requiere de acciones para corregir posibles problemas para el desarrollo de las plantas.

## **El clima**

Los factores climáticos que pueden limitar e influir en el desarrollo de la vegetación son básicamente: la temperatura, la precipitación pluvial y la humedad.

### *Temperatura*

La temperatura es un ingrediente clave para el adecuado desarrollo y selección de las plantas. Las plantas se adaptan a los cambios de temperatura durante el día y la noche así como de las estaciones del año. Sin embargo, las plantas no disponen de mecanismos reguladores de su temperatura, como los animales superiores, y tienen sus puntos críticos de resistencia al frío o al calor extremoso, que varía de una especie a otra, pero los cuales si se rebasan, pueden afectar su crecimiento, dañar sus partes o inclusive llegar a matarlas. Algunas plantas, como los cítricos pueden mostrar daños cuando se presentan temperaturas inferiores a los  $-2^{\circ}\text{C}$  sobre todo si permanece por varias horas; las rosas y gardenias tienden a secarse con temperaturas arriba de los  $38^{\circ}\text{C}$  y el pasto Bermuda no empieza a crecer bien hasta que las temperaturas nocturnas están por arriba de los  $18^{\circ}\text{C}$  (Duffield y Jones, 1998).

La información sobre clima se puede obtener a nivel general de las cartas del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). En la carta de clima escala 1:1.000.000, se definen los tipos de climas según Köppen y modificados por E. García (INEGI, 2006b) que determinan la temperatura media anual, el período de lluvias y porcentaje de precipitación invernal y en la carta de efectos climáticos, que contiene temperaturas máximas y mínimas promedio, presencia de heladas y número de días, número de días con lluvia apreciable, precipitación pluvial total, dirección de vientos dominantes. La otra fuente de información son las estaciones meteorológicas locales. Los datos más importantes que deben ser conocidos para la selección de la vegetación son:

- a) Temperaturas máximas en verano.
- b) Temperaturas mínimas en invierno.
- c) Número de días de helada.

### **Precipitación pluvial y humedad**

El abastecimiento natural de agua a las plantas es por medio de la lluvia, sin embargo en zonas donde existe una escasa precipitación pluvial, como en las zonas áridas, el riego es un componente importante para el adecuado desarrollo de las plantas, especialmente para obtener un rápido crecimiento.

La humedad de la atmósfera tiene un efecto directo en la cantidad de agua requerida por las plantas. La presencia de humedad, reduce la demanda de agua, ya que generalmente la cantidad de agua utilizada para la transpiración, es mayor que la requerida para su crecimiento. López y Ramos (1969) mencionan que algunas plantas como el maíz pueden transpirar hasta 95% del agua que absorben, razón por lo cual las plantas también son un elemento importante en la creación de microclimas. Los datos más importantes, que han de ser conocidos sobre la humedad de una región son:

- a) Evaporación máxima mensual.
- b) Humedad relativa media mensual.
- c) Distribución de precipitaciones en el año.
- d) Número de días de lluvia.
- e) Máxima cantidad de lluvia caída en 24 horas.

Como se ha mencionado, el abastecimiento de agua es uno de los recursos indispensables para el desarrollo de la vegetación, por lo que es importante examinar la disponibilidad de este recurso e inventariar las fuentes de abastecimiento superficiales y subterráneas, así como los usos y consumos.

El conocimiento del recurso hídrico y su forma de utilización es un aspecto crítico en zonas áridas, cuando se desea aumentar la cubierta vegetal, tanto para evitar impactos negativos a los demás usuarios, como para determinar formas más eficientes de aprovechamiento, o medios alternos de utilización como es el reciclamiento del agua. Por lo tanto, se requiere determinar las fuentes de abastecimiento, consumo por usos y costos del agua que sirvan para determinar la situación actual y estimar las demandas a futuro.

### **Contaminación**

Por otra parte, es importante también considerar los aspectos de contaminación del centro urbano, como se estableció en los indicadores de sustentabilidad de los aspectos ambientales. En este sentido son diversas las fuentes emisoras de contaminantes a la atmósfera, pero en las ciudades del país, el consumo de

combustible por parte de los vehículos automotores es la mayor fuente de contaminación ambiental (SEMARNAT et al., 1999) como son: el monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), compuestos orgánicos volátiles (COV), y gases responsables del efecto invernadero, como el bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y metano; y dado que la vegetación tiene la capacidad de absorber el CO<sub>2</sub> y producir oxígeno; una manera de establecer las necesidades de áreas verdes desde el punto de vista ambiental, es determinando las emisiones de CO<sub>2</sub> anuales por el consumo de combustibles del parque vehicular y la cantidad de área verde necesaria para remover el CO<sub>2</sub> producido, reconociendo que por cada litro de gasolina consumido por un automóvil, se emiten 2.27 kg de CO<sub>2</sub> y por cada litro de diesel se emiten 2.81 kg de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, de acuerdo a las estimaciones realizadas por el Departamento Forestal Estadounidense, citado por McPherson y Simpson (1999) (ver tabla 3.2-2).

**Tabla 3.2-2** Formato para estimación de emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles (litros/año)

Parque vehicular	Consumo de combustible	Factor de emisión CO <sub>2</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> anuales	Observaciones
No. de vehículos	Litros de gasolina	2.27 kg de CO <sub>2</sub>		
No. de camiones	Litros de diesel	2.81 kg de CO <sub>2</sub>		

**Fuente:** Elaboración propia con base en datos de McPherson y Simpson (1999).

### 3.2.4.- Componente financiero-económico

En un programa de planificación de áreas verdes todo tiene un costo, lo importante es encontrar formas de financiar las diversas etapas del proceso, desde la integración del equipo y las campañas iniciales de difusión, hasta el mantenimiento de las áreas verdes, de tal manera que se convierta en un programa sostenible, bien organizado, funcional, caracterizado por su continuidad, conciencia pública, apoyo gubernamental y presupuesto asignado.

Una de las consideraciones importantes a considerar en los costos para la creación y conservación de áreas verdes urbanas en regiones áridas, es el costo del agua, dado que por las condiciones climáticas y la escasa precipitación pluvial, la vegetación requiere de riego para su desarrollo; de ahí también la importancia de una adecuada selección de especies vegetales de bajo mantenimiento.

Respecto a los aspectos financieros y económicos, se requiere identificar las fuentes y fondos con que se cuenta para llevar a cabo todo el proceso de planificación. De acuerdo a Morgan (1998), las fuentes de financiamiento se pueden dividir en gubernamentales, no gubernamentales y no monetarias.

Las fuentes gubernamentales son los presupuestos asignados de manera permanente o bajo la modalidad de programas especiales ya sea para el pago de personal,

acciones de forestación, mantenimiento, etc. de origen municipal, estatal o federal. También deben considerarse la existencia de impuestos especiales para acciones tales como la forestación.

Las fuentes no gubernamentales pueden ser los apoyos monetarios a través de subsidios, donativos o patrocinios provenientes de fundaciones, que son organizaciones sin fines de lucro con fondos propios administrados por sus propios fideicomisarios; corporaciones, que son compañías de negocios que pueden hacer contribuciones en función del límite de ganancias gravables con impuestos que son deducibles; organizaciones caritativas, que generalmente derivan sus fondos del público general y llevan a cabo sus actividades sirviendo al bienestar común.

Las fuentes de apoyo no monetarias pueden ser donaciones en especie o la ayuda voluntaria de grupos de la comunidad, que son un recurso importante en cualquier programa y que se analizarían con más detalle en los aspectos de participación pública.

### 3.2.5.- Componente jurídico-normativo

El marco normativo es un elemento esencial en la planificación, al establecer las atribuciones de los diferentes órdenes de gobierno, así como los derechos y obligaciones de los particulares.

En este sentido, se deben identificar los diferentes ordenamientos jurídicos integrados por leyes, reglamentos, normas, criterios, programas, convenios y acuerdos, y determinar las atribuciones, obligaciones y responsabilidades que impacten en la planificación de áreas verdes urbanas. Se sugiere agruparlos en 3 grupos: los referentes a aspectos urbanísticos, aspectos ambientales y específicos sobre forestación.

### 3.2.6.- Participación pública

La participación ciudadana en un sentido amplio, debe entenderse como aquellos espacios de reflexión, acción, y pronunciamientos a partir de los cuales el sujeto (llámese ciudadano, empresario, ambientalista, etc.) propone, promueve y participa en un proyecto de sociedad (IDEA de México, 1999).

El éxito de acciones dentro de un programa de planificación de áreas verdes urbanas, depende de diversas condiciones, como son: seleccionar los lugares idóneos, las plantas adecuadas, contar con recursos económicos, un programa de difusión y promoción oportuna y un marco normativo apropiado; pero requiere además de un componente crítico, que es el compromiso de participación de la comunidad en las acciones que se emprendan, ya que se trata de que se conviertan en los más entusiastas promotores y defensores, al estar concientes de los beneficios que les pueden aportar las áreas verdes, de ahí la importancia de difundir entre la comunidad y hacerlos participar desde el inicio del proceso de planificación.

En programas específicos de forestación urbana, cuando la plantación se realiza en espacios públicos es imprescindible realizar una adecuada promoción y concientización que promueva la protección y cuidado de las plantas por parte de la ciudadanía. Si la arborización se ejecuta en espacios privados, como son las viviendas, se deberá realizar un acercamiento previo con los usuarios para que la gente acceda a colaborar voluntariamente en la siembra y mantenimiento.

De acuerdo a Cobo (1998), los municipios deben fortalecerse para que puedan liderar las actividades de arborización e incentivar el trabajo coordinado con otras instituciones y sobre todo con las organizaciones comunitarias vecinales. El punto de partida ha de estar en las iniciativas de la población y de sus organizaciones. Los habitantes de las colonias sólo participarán si se consideran “dueños” del proyecto.

Por lo tanto, un aspecto importante en esta etapa es identificar a grupos u organizaciones existentes, gubernamentales, no gubernamentales o privadas que puedan convertirse en participantes o patrocinadores de las diversas acciones que comprenda un plan de áreas verdes, como pueden ser los representantes, entre otros de:

- a) Comités de Vecinos o Juntas Cívicas de Colaboración Municipal.
- b) Asociaciones de Padres de Familia.
- c) Clubes Rotarios.
- d) Clubes de Leones.
- e) Consejo Económico de Desarrollo.
- f) Consejo Coordinador Empresarial.
- g) Asociación de Parques Industriales.
- h) Asociaciones de comerciantes.
- i) Sindicatos, etc.

### **3.3.- Fase III: Diagnóstico**

En esta fase se busca determinar la demanda y oferta de las áreas verdes urbanas, así como la síntesis y evaluación de la información recopilada, para determinar los problemas y limitaciones que presentan los componentes analizados, para la creación, mejoramiento y conservación de dichas áreas.

#### **3.3.1.- Componente físico-urbano**

Respecto a este componente, se realiza un análisis por una parte, de la oferta de áreas verdes públicas y privadas tanto existentes como potenciales; y por otra, se contrasta con la demanda social de este tipo de espacios, con el objeto de determinar el déficit o superávit. Este análisis se realiza con relación a los subsistemas referentes a recreación y deporte que son los que cuentan con criterios de dosificación para cuantificar su nivel de dotación.

Se evalúan las características de las áreas verdes de acuerdo con su predominancia y localización en la estructura urbana con base a la clasificación propuesta, determinando la superficie y porcentaje para cada nivel:

- a) Públicas y privadas.
- b) Sistema y subsistema.
- c) Urbanas y suburbanas.
- d) Naturales y acondicionadas.
- e) Existentes y potenciales.
- f) No aptas para el desarrollo urbano.
- g) Con valores ecológicos, paisajísticos, históricos, etc.

Para determinar el déficit o superávit de áreas verdes para la recreación y el deporte, se establece la oferta tanto de áreas existentes como potenciales (aquellas áreas no desarrolladas pero designadas para tal fin a través de ordenamientos o instrumentos jurídicos) y se contrasta con la demanda a partir de los criterios del sistema Normativo de Equipamiento Urbano, establecidos por SEDESOL (2001b) (ver tabla 3.3-1).

**Tabla 3.3-1** Formato para cálculo de déficit o superávit de las necesidades sociales de áreas verdes

Subsistema	Oferta (m <sup>2</sup> )		Demanda (m <sup>2</sup> )	Déficit o superávit (m <sup>2</sup> )	Observaciones
	Existente	Potencial			
Recreación					
Deporte					
Total					

**Fuente:** Elaboración propia.

Asimismo, se establecerá en un plano de la ciudad la cobertura de los elementos identificados considerando el radio de servicio urbano, establecido por SEDESOL en el Sistema Normativo de Equipamiento Urbano con el propósito de establecer las zonas de la ciudad con y sin cobertura de este tipo de equipamiento.

### 3.3.2.- Componente tecnológico

Los sistemas de información geográfica (SIG) son una herramienta muy útil en el proceso de planificación de áreas verdes urbanas, por lo que es muy recomendable integrar la base cartográfica con los datos elaborados en la etapa anterior. El SIG tiene la ventaja de que se puede almacenar gran cantidad de información en “capas” de datos y pueden ser combinadas o separadas como convenga para hacer diversos análisis. Existen diversos programas de computación para integrar un sistema de información geográfico, como el Mapinfo, ArcView, ILWIS; así como diversos

programas para el tratamiento de imágenes como el IDRISI y el ERDAS; la selección dependerá de la plataforma que manejen en la administración municipal, los recursos existentes y el personal.

La información por capas que se sugiere integrar es:

- a) Imagen de satélite con resolución de 2.4 m o menor.
- b) Áreas verdes de acuerdo con la tipología propuesta.
- c) Límites y nombres de colonias.
- d) Nombres de calles.
- e) Traza urbana.
- f) Usos del suelo.
- g) Población por colonias.
- h) Áreas de reservas territoriales urbanas.

La información básica de la base de datos para los diferentes tipos de áreas verdes urbanas identificadas, es la propuesta en la tabla 3.3-2, con la que se debe programar la elaboración de un diagnóstico por elemento. A partir de la información recabada se realizan análisis sobreponiendo las diversas capas y se obtienen diagnósticos de cobertura vegetal por tipo, por colonia, de servicios de equipamiento, densidades, etc.

**Tabla 3.3-2** Base de datos por tipo de área verde identificada

Información por tipo de espacio	Ejemplo
Tipo de espacio	Público
Sistema	Espacios verdes para el equipamiento
Subsistema	Recreación
Elemento	Jardín vecinal
Nombre	Parque Hidalgo
Localización	Av. Pino Suárez y calle "L"
Superficie	13,253 m <sup>2</sup>
Tipo de vegetación predominante	Yucateco, eucalipto, rosa laurel, palmeras, césped
Situación actual /problemática	Escasa vegetación en áreas de descanso
Recomendaciones	Forestar con árboles de follaje denso
Observaciones	

**Fuente:** Elaboración propia.

Respecto a las guías, manuales o cartillas de forestación se determinan si son adecuadas para el tipo de vegetación de la región y si cubren los siguientes aspectos:

- a) Plantación.
- b) Mejoramiento de suelos.
- c) Podas.
- d) Fertilización.
- e) Riego.
- f) Control de plagas.
- g) Remoción y trasplantes.
- h) Instalaciones especiales.
- i) Protección contra vandalismo.

### 3.3.3.- Componente ambiental

A partir de los datos de temperaturas extremas máximas y mínimas presentadas en la localidad que pueden dañar a determinadas especies vegetales, así como las características de los tipos de suelos predominantes se determinan las especies vegetales más adecuadas, presentadas en un listado con sus principales características en cuanto a requerimientos de agua, suelo y luz, tipo, altura y diámetro, clasificadas en plantas nativas e introducidas, con su nombre científico y común.

Como uno de los aspectos críticos en zonas áridas es el agua, se establecen los consumos por tipo de usuario y en el caso de riego para áreas verdes, se determinan los tipos de agua utilizada (sí es reciclada), consumos anuales y costos.

Como lo han señalado McPherson y Simpson (1999) y Nowak y Crane (2002), la vegetación conforme va creciendo va capturando carbono de la atmósfera en cantidades mayores a las que emite, de modo que se tiene un balance neto positivo respecto a la cantidad de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que absorbe. Por lo tanto, se debe realizar una estimación de las necesidades ambientales de este tipo de espacios, considerando que las áreas verdes (AV) proveen el servicio ambiental de remover el CO<sub>2</sub> de la atmósfera, a partir de las emisiones por la combustión de combustibles del parque vehicular.

El cálculo de captura de CO<sub>2</sub> es un proceso complejo que han abordado diversos autores como: Nowak y Crane (2002), McPherson y Simpson (1999), Birdsey (1992), Rapoport et al. (1983), Soto-Pinto et al. (2002) y Sarmiento Y Gruber (2002); también dependencias gubernamentales estadounidenses como el Servicio Forestal del Departamento de Agricultura Estadounidense (USDA, 1999) o el Centro Nacional Agroforestal (USDA, 2000) e inclusive organizaciones no gubernamentales como "American Forests" (Bernhardt y Swiecki, 2001). Esta organización ha desarrollado un

programa de computación denominado CITYgreen<sup>2</sup> para estimar además de la captura de carbono, la contribución de la vegetación en la conservación de energía a través del sombreado y la remoción de contaminantes.

En este sentido, es primordial destacar la variabilidad que existe en la información y criterios entre los autores examinados, por ejemplo: Birdsey, (1992) estudió el proceso de captura de CO<sub>2</sub> con base en la tasa de almacenamiento en la biomasa de las plantas abajo y arriba del terreno durante el periodo de una estación de crecimiento. Ésta tasa (expresada en kg CO<sub>2</sub>/árbol/año) esta determinada por una ecuación de biomasa basada en la relación de tres características de la planta: altura y diámetro, tasa de crecimiento y tipo de especie.

McPherson y Simpson (1999) por su parte, establecen que la cantidad de CO<sub>2</sub> capturada por los árboles es proporcional a su biomasa e influenciada por la cantidad de follaje, densidad y el diámetro del tronco del árbol. El Servicio Forestal del Departamento de Agricultura Estadounidense (USDA, 1999) ha realizado estudios considerando la tasa de crecimiento y descomposición de árboles, los cuales mediante ecuaciones de biomasa determinan valores de absorción de CO<sub>2</sub>. Otros autores como Rapoport et al. (1983), Soto-Pinto et al. (2002) o el Centro Agroforestal Nacional Estadounidense (USDA, 2000) solo presentan los valores de absorción de CO<sub>2</sub> en bosques y pastizales, sin especificar el tipo de especie y la densidad de árboles.

Por lo tanto, en este estudio, se consideraron los índices oficiales de captura de CO<sub>2</sub> con los que operan dependencias estadounidense como el Servicio Forestal (McPherson y Simpson, 1999) y el Centro Agroforestal Nacional (USDA, 2000) para realizar las estimaciones respectivas, sin embargo, es importante destacar que son solo un referente y que deben realizarse estudios específicos acordes a los tipos de especies de las áreas verdes identificadas.

De esta manera, una vez determinada la producción de CO<sub>2</sub> a partir del consumo anual de combustibles (gasolina y diesel); se contrasta con la cobertura vegetal existente y potencial dentro y fuera de la mancha urbana y dentro del límite de centro de población para determinar la superficie total de área verde requerida para remover el CO<sub>2</sub> producido por el parque vehicular, estableciendo si existe déficit o superávit, como se ejemplifica en la tabla 3.3-3.

---

<sup>2</sup> De acuerdo a Bernhardt y Swiecki (2001), el programa CITYgreen puede realizar una estimación de captura de carbono con ciertas limitaciones, porque demanda de un trabajo manual para digitalizar los árboles lo cual es un proceso inexacto además de laborioso y requiere también un inventario detallado de árboles.

**Tabla 3.3-3** Formato para estimación de áreas verdes requeridas para absorber CO<sub>2</sub> procedente de la combustión de combustible

Producción CO <sub>2</sub> (ton/año) (a)	AV existentes dentro mancha urbana (ha)	AV potenciales (ha)		Superficie de AV requerida (ha) (b)	Déficit o superávit de AV (c)
		Mancha urbana	Fuera mancha urbana		
<b>Total</b>					

Fuente: Elaboración propia.

- La producción de CO<sub>2</sub> se estima con base en el consumo anual de combustibles: a razón de 2.27 kg de CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera por cada litro de gasolina y 2.81 kg de CO<sub>2</sub> por cada litro de diesel consumido (McPherson y Simpson, 1999).
- Se estima la superficie de área verde urbana necesaria para remover el CO<sub>2</sub> producido por la combustión de combustibles del parque vehicular, con base en USDA (2000) y McPherson y Simpson (1999)
- Es la diferencia entre b) y las AV existentes y potenciales

**Tabla 3.3-4** Dimensiones de árboles y valores de absorción de CO<sub>2</sub> por tipo de árbol y zonas de crecimiento

Zonas (1) y tipo de árboles	Diámetro (2) (cm)	Altura (m)	CO <sub>2</sub> absorbido (kg/año)
<b>Zona norte</b>			
C*-Grande	27.5	12.1	42.9
C-Mediano	24.0	9.0	26.4
C-Pequeño	13.7	5.3	5.5
P**-Grande	20.6	9.5	22.0
P-Mediano	14.1	6.1	7.3
P-Pequeño	4.5	3.0	1.1
<b>Zona central</b>			
C*-Grande	42.4	15.4	132.8
C-Mediano	34.3	10.9	66.8
C-Pequeño	20.2	6.8	15.3
P**-Grande	43.4	15.1	109.3
P-Mediano	34.4	10.5	47.1
P-Pequeño	17.7	5.9	12.6
<b>Zona sur</b>			
C*-Grande	57.5	18.7	294.7
C-Mediano	44.6	12.8	133.7
C-Pequeño	26.6	8.3	32.3
P**-Grande	66.1	20.8	302.8
P-Mediano	54.6	14.9	147.0
P-Pequeño	30.9	8.7	46.6

Fuente: USDA Forest Service General Technical Report. PSW-GTR-171.1999, en McPherson y Simpson (1999).

1) Estados Unidos de América divide en tres las zonas de crecimiento de vegetación: Norte, centro y sur con base en sus regiones climáticas.

2) El diámetro del tronco se debe medir a una altura de 1.50m sobre el terreno.

\* Árboles caducifolios.      \*\* Árboles perennifolios.

**Tabla 3.3-5** Estimación de absorción de CO<sub>2</sub> de un bosque de pino de 35 años y pastizales en la planta y el suelo

	<b>Forestal</b> (kg/ha)	<b>Pastizal</b> (kg/ha)	<b>Agroforestal</b> (kg/ha)
Planta	139,000	73,000	212,000
Suelo	71,000	139,000	106,000
Total	210,000	212,000	318,000

Fuente: USDA (2000), National Agroforestry Center.<sup>3</sup>

Con estos datos también se pueden obtener relaciones de m<sup>2</sup> de área verde por habitante existente y requerida, con los cuales se pueden establecer criterios de dosificación de áreas verde urbanas particulares.

Es importante destacar, que el control de las emisiones de CO<sub>2</sub> no se puede resolver única y exclusivamente plantando cada vez más árboles, sino que debe haber una política integral de reducción de emisiones, considerando otros factores que involucren la vialidad y el transporte público y privado, la producción y consumo de energía eléctrica y la actividad industrial.

### 3.3.4.- Recursos financieros

En este rubro, se determinan los recursos financieros gubernamentales, estableciéndose en el nivel municipal, los recursos anuales destinados a través de los diversos departamentos a las tareas de creación y conservación de áreas verdes en términos de número de empleados, recursos económicos, número de árboles producidos o adquiridos y costos de consumo de agua, con el objeto de establecer una relación promedio de metros cuadrados (m<sup>2</sup>) de área verde por empleado, consumo promedio anual de agua por m<sup>2</sup> de área verde y recursos monetarios destinados por m<sup>2</sup> de área verde.

Se determinan las aportaciones de otras dependencias gubernamentales, a través de programas especiales, del Gobierno Estatal y/o Federal (CONAFOR, SEMARNAT, etc.) o Agencias Internacionales.

También se deben registrar las aportaciones de organizaciones no gubernamentales o empresas, que participan en la creación y mantenimiento de áreas verdes, como pueden ser programas-patrocinios para la creación o mantenimiento de glorietas o camellones.

### 3.3.5.- Marco jurídico-normativo

Respecto a este componente, se analizan las leyes y reglamentos urbanísticos, ambientales y de forestación, determinando las atribuciones y procedimientos que

---

<sup>3</sup> El autor no especifica la densidad de árboles ni tipo de pastizal.

tienen establecidos las dependencias y autoridades municipales, estatales y federales, así como las obligaciones que tienen los particulares, en materia de:

- a) Formular e instrumentar las políticas y programas ambientales.
- b) Promover la creación de instrumentos económicos que incentiven el cumplimiento de los objetivos de la política ambiental.
- c) Promover las áreas naturales protegidas.
- d) Proteger la calidad del paisaje urbano y rural.
- e) Elaborar los programas sectoriales.
- f) Designar y aprobar los usos del suelo en el centro de población.
- g) Promover la realización de programas de forestación y reforestación urbana.
- h) Promover la formación de organismos públicos o privados para la administración de parques urbanos y zonas de conservación ambiental en los centros de población, así como para las áreas naturales protegidas.
- i) Cuidado, conservación, mejoramiento y restauración de las áreas verdes.
- j) Promover y registrar los comités de participación ciudadana.
- k) Instrumentos de participación ciudadana y vecinal disponibles para expresar la opinión, aprobación o rechazo, en asuntos de interés público.

Asimismo, se evalúan las políticas, disposiciones y líneas de acción establecidas en los programas de desarrollo urbano y programas ambientales referentes a áreas verdes para incorporarlos como parte de las estrategias de este proceso, y se determina, si es el caso, las limitaciones que presenta el marco normativo en la instrumentación de la planificación de áreas verdes urbanas.

### 3.3.6.- Participación pública

Se determina la percepción, problemática, demandas y visión que tienen de las áreas verdes, los grupos de la sociedad identificados, a través de diferentes mecanismos como pueden ser: consulta pública, foros, entrevistas, encuestas, reuniones, seguimiento hemerográfico, pláticas, talleres, etc. Se identifican las agrupaciones o personas interesados en participar y las características de su participación, las percepciones por parte de los grupos de opinión o grupos opositores, los posibles patrocinadores y tipo de aportación; con el objeto de establecer compromisos y definir si se amplía el programa de difusión con la comunidad. El interés demostrado por algunos grupos puede ser considerado como un indicador para la determinación de prioridades y programación de acciones en el corto plazo.

### 3.3.7.- Integración del diagnóstico

El análisis generalmente comprende la separación y distinción de los componentes de un todo para poder examinarlos, sin embargo el diagnóstico requiere sintetizarlos

nuevamente con el objeto de establecer sus interrelaciones, su relación causa-efecto y jerarquizar los problemas identificados; por lo tanto como parte de esta fase es necesario realizar una integración de los diagnósticos parciales y determinar que componentes son condiciones para el desarrollo de otros, así como definir una ponderación de los problemas identificados, con el objeto de establecer las prioridades de atención en la fase estratégica.

### **3.4.- Fase IV: Estrategia**

En esta fase se establecen políticas, formulan programas y definen instrumentos en tres grandes orientaciones: para la creación, la conservación y el mejoramiento o rehabilitación de las áreas verdes urbanas, a través de la elaboración de un plan de gran visión con metas a largo, mediano y corto plazo, estableciendo prioridades y estrategias para incrementar y conservar dichas áreas, los instrumentos normativos que den la base legal, los instrumentos financieros para la generación de recursos, así como las formas de colaboración de la comunidad.

El punto de partida es la realización de un plan de áreas verdes de gran visión que integre las diversas escalas y diferentes horizontes de tiempo. El objetivo es establecer un sistema de áreas verdes que integre los elementos identificados en las escalas de cuenca hidrológica, límite de centro de población y mancha urbana, para lo cual se pueden integrar estableciendo una organización jerárquica a partir de criterios sociales y/o conectándolos a través de corredores verdes atendiendo a criterios ecológicos o multifuncionales.

A nivel del centro de población, se requiere que el plan contenga los programas y metas de largo plazo (15-20 años), en el que por una parte, se reserven-antes de que ocurra la expansión urbana-aquellos espacios verdes con valor ecológico, paisajístico, productivo, histórico o recreativo; a través de políticas y acciones institucionales, en el marco del proceso de la planificación urbana; y por otra parte se establezcan también las políticas generales a nivel urbano.

El plan debe contener también los programas de acciones y metas a mediano plazo (6 años) para conformar el sistema de áreas verdes dentro la estructura urbana de la ciudad, de acuerdo a su localización y tipificación, dotación por zonas y colonias, y jerarquización de las zonas prioritarias de atención en sus distintas escalas; para la creación, conservación, mejoramiento o rehabilitación de dichas áreas.

Por último, el plan debe establecer los programas a corto plazo (1-3 años), en los que se determinen las acciones inmediatas para el logro de las metas establecidas, como pueden ser: el diseño específico a nivel sitio con las intervenciones a realizar; elaboración de programas de manejo, forestación de áreas, etc.

Las políticas y programas se pueden establecer en tres grandes direcciones: 1.- Las que van dirigidas a la creación de nuevas áreas verdes a través de reservar grandes superficies para desarrollar en el mediano y largo plazo; 2.- Las que van dirigidas a la conservación y protección de áreas existentes; y 3.- Las que van dirigidas al

mejoramiento o la rehabilitación de áreas abandonadas o deterioradas que requieren ciertas obras o acciones para su recuperación (ver figura 3.4-1).

**Figura 3.4-1** Políticas, programas e instrumentos para la creación, conservación y rehabilitación o mejoramiento de áreas verdes urbanas

POLÍTICAS/ PROGRAMAS	INSTRUMENTOS NORMATIVOS	MECANISMOS FINANCIEROS	CRITERIOS TÉCNICOS	PARTICIPACIÓN PÚBLICA
CREACIÓN	Zonificación en planes de desarrollo urbano Declaratorias de destinos	Transferencia y/o compra de derechos de desarrollo Aportación áreas de donación Compra de terrenos	Programa de manejo Proyecto de diseño urbano	Programas de difusión y concientización
CONSERVACIÓN	Declaratorias de destinos Control de densidad y usos del suelo Reglamentos	Pago por servicios ambientales Impuestos diferenciales Patrocinios	Programa de manejo integral Indicadores de áreas verdes	Programas de difusión y concientización Compromisos con organizaciones sociales y civiles
REHABILITACIÓN MEJORAMIENTO	Programas institucionales Guías de forestación	Contribuciones Patrocinios Participación gobierno/particulares FOMECAR <sup>4</sup>	Proyecto de diseño paisajístico Asesoría técnica	Programas de difusión Participación directa: Comités vecinales, Clubes de servicio, asociaciones civiles organizaciones sociales

**Fuente:** Elaboración propia.<sup>4</sup>

En cuanto a los instrumentos normativos, se definen por una parte las necesidades de reformar, modificar o crear las leyes, reglamentos, normas o acuerdos respectivos, a fin de asegurar que las obligaciones, atribuciones y acciones estén jurídicamente sustentadas; y por otra parte se utilizan los instrumentos existentes para la creación, conservación y rehabilitación o mejoramiento de áreas verdes como son: los planes de desarrollo urbano de centro de población, planes parciales, las declaratorias de destinos, reglamentos de áreas verdes, programas institucionales a nivel federal, estatal o municipal, guías de forestación, etc.

En cuanto a los instrumentos financieros, además de que deba de existir un presupuesto base por parte del Ayuntamiento para la operación y acciones esenciales del departamento responsable, se deben diseñar los instrumentos financieros para

<sup>4</sup> A partir de la firma del Memorando para el diseño y puesta en marcha del Fondo Mexicano de Carbono (FOMECAR) por SEMARNAT, BANCOMEXT y Banco Mundial el 11 de septiembre de 2006, se crea un instrumento de asistencia técnica y en materia de financiamiento, para promover el desarrollo de proyectos de bonos de carbono, con acciones para revertir los efectos adversos del cambio climático. (SEMARNAT, 2006a).

costear las acciones propuestas en los planes a corto, mediano y largo plazo, para la creación, conservación y rehabilitación o mejoramiento de áreas verdes.

Se deben definir los instrumentos de financiamiento gubernamental, no gubernamental y no monetarios, que pueden ser utilizados ya sea como gravámenes o como incentivos para conservar o desarrollar determinadas áreas, pero en ambos casos, deben ser negociados sobre la base de los beneficios ambientales, económicos y sociales que ofrece la vegetación, que no son mutuamente excluyentes.

Entre las posibles opciones para la creación de nuevas áreas verdes urbanas se encuentran la transferencia de derechos de desarrollo, la aportación de áreas de donación o la compra de terrenos.

El Sistema de Derechos de Desarrollo implica reconocer el derecho de transferir, total o parcialmente, la intensidad del uso del suelo de un lugar a otro; para lo cuál se requiere definir las áreas emisoras y la capacidad de las áreas receptoras, dentro de un sistema transparente de operaciones de transferencia de dicha potencialidad. El sistema funciona bajo la lógica del mercado, pero regulada por la intervención del gobierno, lo que requiere de programas de desarrollo urbano debidamente aceptados y legalizados por la sociedad y gobierno. Este sistema, tiene dos variantes: una es la compra de los derechos de desarrollo por el gobierno (Miller, 1998); y otra, es la transferencia de los derechos entre particulares (SEDESOL-UAM, 2005).

- a) Compra de los derechos de desarrollo: para proteger el espacio verde de propiedad privada, el gobierno puede comprar a los dueños de la propiedad el derecho de subdividir y desarrollar la tierra por medio de ventas voluntarias o declaraciones públicas. Los derechos pueden ser caros pero ser aún más baratos que la compra plena de la propiedad. La tierra es manejada sin costo para el gobierno y los dueños sólo pagan impuestos sobre la tierra, aunque con una tasa menor que la de su valor de mercado.
- b) Transferencia de los derechos de desarrollo: su principal objetivo es permitir a los particulares tener opciones para ceder y adquirir dichos derechos, con las ventajas de no representar costos directos para el gobierno, permitir recursos adicionales para el mejoramiento de los inmuebles que ceden sus derechos, así como para acciones diversas de mejoramiento urbano por parte de la instancia administrativa que certifica las operaciones.

Otro mecanismo para la incorporación de nuevas áreas verdes puede ser la aportación de áreas de donación. En el caso del estado de Baja California, el Reglamento de Fraccionamientos (POE, 1971) establece que de la superficie vendible deberá donarse el 3% para área verde, 3% para equipamiento escolar y 10% para el municipio. Este último porcentaje, generalmente el municipio lo enajena o lo dona a organizaciones no lucrativas. La propuesta es que se respete el 3% de área verde para cubrir las necesidades a nivel de barrio, pero respecto al 10%, una proporción de éste (el 2 o 2.5 %) se destine para incrementar las áreas verdes de la ciudad, conforme se da la expansión urbana, en áreas verdes naturales, designadas como tales en el programa

de desarrollo urbano de centro de población. Este mecanismo funcionaría como una especie de compra de área verde por parte del gobierno, pero donde no tendría que erogar recurso alguno.

Una opción más sugerida por Miller (1998), es la compra de espacio verde: que es la compra plena de tierra privada por el gobierno o por fideicomisos que otorgan el tipo más permanente para la creación de nuevas áreas verdes y protección de espacios a largo plazo y también permitir que el público tenga acceso a estas tierras para uso recreativo. Sin embargo, puede resultar una opción cara, debido a que puede ser también tierra propia para el desarrollo.

Entre las posibles modalidades fiscales para aumentar los ingresos, se encuentran los siguientes tipos de gravámenes, cuotas o contribuciones: Impuestos especiales, gravamen para beneficio del barrio o sector, gravámenes por subdivisión o desarrollos de fraccionamientos, fondos para aumento de capital, gravámenes por daños, cargos adicionales por servicios, facturación directa por trabajos realizados en alguna propiedad, ingresos por construcción de vialidades (Morgan, 1998).

Entre los posibles mecanismos de carácter fiscal para incentivar o fomentar la conservación y/o desarrollo de áreas se encuentran los propuestos por Miller (1998), Morgan (1998) y SEDESOL-UAM (2005).

- a) Impuestos diferenciales, para estimular la protección de áreas verdes y desincentivar el desarrollo urbano en áreas con algún tipo de valor ambiental, histórico, paisajístico, etc. Por ejemplo, en áreas productivas agrícolas se pueden fijar impuestos bajos de acuerdo a su uso actual en lugar de su valor de mercado, lo cuál además contribuye a hacer más rentable la empresa; donde los propietarios deberán inscribir voluntariamente sus tierras en un padrón y recibir crédito de impuestos sobre la renta para balancear los impuestos prediales altos, sin embargo si se vende la tierra, el ayuntamiento debe ser reembolsado por los impuestos acreditados más los intereses. Esto no evita que la tierra sea vendida para el desarrollo, pero se puede conservar dicho uso por más tiempo, además que con los reembolsos se pueden financiar acciones del plan (Miller, 1998).
- b) Deducciones del impuesto sobre la renta, que permitan al contribuyente hacer donaciones de sus reembolsos de impuestos o deducirlas en el pago de obligaciones fiscales (Morgan, 1998).

Otro mecanismo para la conservación de áreas verdes es el otorgamiento de pagos por concepto de servicios ambientales, de las áreas verdes, que pudiera aplicarse a los espacios verdes naturales y/o espacios verdes productivos de alta calidad, por el servicio de remover CO<sub>2</sub> de la atmósfera, con base en la capacidad de remoción que tienen determinados cultivos o la densidad de vegetación de los espacios naturales, para lo cuál deben establecerse reglas de operación para el otorgamiento de pagos al

igual que se hace con los bosques del país, por el servicio ambiental hidrológico que prestan.<sup>5</sup>

En este sentido, recientemente (SEMARNAT, 2006a) se firmó el Memorando para poner en marcha el Fondo Mexicano de Carbono (FOMECAR) por SEMARNAT, BANCOMEXT y Banco Mundial. Este fondo responde la necesidad de contar con un mecanismo que conjunte los esfuerzos para identificar, promover y desarrollar proyectos de mitigación y captura de Gases de Efecto Invernadero y revertir los efectos adversos del cambio climático, en el marco del Mecanismo para un Desarrollo Limpio del Protocolo de Kioto, del cual México es parte. Los cálculos que se han hecho para México, es que tan sólo en los próximos seis años se podrían lograr reducciones de 33 millones de toneladas anuales, que representarían ingresos por bonos de carbono del orden de 330 millones de dólares anuales; por lo que con un plan y estrategias bien definidas se podría acceder a estos fondos.

Otra muestra de este tipo de financiamiento fue la compra de bonos de carbono que realizó en 1997 la Federación Internacional de Automóviles de Fórmula Uno, en Chiapas (5,500 ton C anuales) a un precio de US\$ 10.00 la tonelada de carbono capturada, como parte de un nuevo mercado internacional de servicios ambientales derivado de la necesidad de reducir a escala mundial las emisiones de gases que contribuyen al efecto invernadero (Soto-Pinto et al., 2002).

Para el mejoramiento o rehabilitación de áreas verdes también se puede buscar la asociación del gobierno con particulares, a través de subvenciones, contratos o concesiones. Así como fuentes de fondos no gubernamentales como son apoyos monetarios a través de donativos o patrocinios provenientes de fundaciones, fideicomisos, corporaciones, organizaciones, empresas y particulares.

En cuanto a los criterios técnicos, éstos pueden ser programas de manejo, proyectos de diseño urbano, proyectos paisajísticos, asesorías técnicas de forestación, etc. enfatizando siempre el uso eficiente del agua en virtud de las condiciones ambientales de las zonas áridas. Los programas de manejo permiten planificar el conjunto de acciones y decisiones tendientes a combinar las funciones de conservación, investigación y desarrollo de un área, en el que se conjunta el esfuerzo del gobierno y la sociedad que permite conciliar la conservación y el aprovechamiento de los recursos naturales.

Otra herramienta técnica que se puede aplicar en nuevas áreas verdes son proyectos de diseño urbano enfocados al desarrollo de complejos para actividades recreativas o deportivas, con base en las demandas de la comunidad e integrados al contexto urbano y usos del suelo aledaños.

---

<sup>5</sup> En el caso del Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos, existe un pago que se hace a los beneficiarios, dueños y/o legítimos poseedores de terrenos con recursos forestales por los servicios ambientales hidrológicos que presta el buen estado de conservación de sus bosques y selvas SEMARNAT (2003).

A nivel de sitio se pueden requerir proyectos paisajísticos en los que se definan las obras de jardinería, la especificación de especies de arbolado, arbustivas y cubrepisos adaptadas al clima y suelo, así como el mobiliario urbano de apoyo y las redes de infraestructura requeridas tales como alumbrado, red de riego e hidrantes y red de drenaje.

Por último, respecto a la participación de la comunidad se deben establecer programas de difusión de las acciones para la creación, conservación y rehabilitación de las áreas verdes con el propósito de concienciar a la población e informar de los avances. Así como programas de concertación, en donde se establezcan los compromisos gubernamentales y las formas de cooperación y participación de las diferentes organizaciones, asociaciones o grupos representativos de la sociedad, definiendo plazos y metas, que sirvan de marco de referencia para la instrumentación de acciones en la etapa de gestión.

### **3.5.- Fase V: Gestión**

La gestión como lo señala Palomo (2003:295) “es la que conecta al plan con la realidad;” es el proceso mediante el cual se instrumentan los programas establecidos en el plan estratégico a través de planes de acción específicos, así como de control de los resultados y los cambios que se hayan producido. También en esta fase es donde se pueden corregir y adecuar el proceso realizado de planificación. En la etapa de gestión se determinarán las acciones a emprender, a través de un plan de acción que debería ser anual.

Los planes de acción se pueden realizar de acuerdo a los diversos componentes analizados, como pueden ser: los programas de manejo; los proyectos para la utilización de áreas potenciales como áreas verdes, áreas abandonadas, baldías o en desuso; planes de conservación de espacios como bosques o áreas agrícolas, etc., una forma de instrumentar estos programas es por medio de planes pilotos a corto plazo, con acciones concretas y una evaluación de sus logros. Con el apoyo del SIG, se puede elaborar un catálogo, con el inventario y registro de los diversos tipos de áreas verdes urbanas, para monitorear los planes de acción.

Otra acción puedes ser realizar un levantamiento topográfico y delimitación física de los polígonos con acciones programadas a corto plazo, así como los identificados como áreas verde potenciales, e incorporar la información en el SIG.

Respecto a los aspectos ambientales, los planes de acción pueden ser de forestación en áreas nuevas o reforestación en áreas existentes; así como acciones de saneamiento de áreas contaminadas o de rescate en áreas perturbadas.

Una de las acciones importantes a instrumentar es el ahorro de agua a partir de la automatización del riego y el aprovechamiento de las aguas residuales.

Respecto al componente financiero-económico las acciones relativas al proceso de obtención y ejercicio de los fondos necesarios para ejecutar los diversos programas

establecidos en el plan, pueden incluir la elaboración de contratos, presupuesto, elaboración de términos de referencia para adjudicar contratos, etc.

Respecto al componente jurídico-normativo, las acciones pueden ser las relativas a las disposiciones que sustentan y aseguran el cumplimiento de los programas definidos en el plan, y pueden comprender la elaboración, adecuación y aplicación de instrumentos legales, como leyes, reglamentos, normas, etc. También se puede considerar la elaboración de códigos “verdes”, como cartillas para la creación y conservación de áreas verdes.

Por último, respecto a la participación ciudadana, las acciones de gestión pueden comprender reuniones y la elaboración de esquemas de trabajo con líderes o representantes de la comunidad, sector privado y gubernamental para llevar a cabo la plantación de árboles, mejoramiento de zonas, promoción de actividades de recreo, deporte y cultura, asesoría técnica, etc. de acuerdo a los intereses de la sociedad, y también debe continuarse con las acciones de difusión en prensa, radio y televisión, para sumar nuevos participantes al plan y difundir los logros y beneficios alcanzados.

## **4.- CONSIDERACIONES PARA LA PLANIFICACIÓN DE ÁREAS VERDES EN ZONAS ÁRIDAS: MEXICALI, BAJA CALIFORNIA.**

En este apartado se examinan los desafíos que enfrenta la planificación de áreas verdes urbanas a partir de las condiciones geográficas ambientales de las zonas áridas, y al mismo tiempo se exploran los potenciales y/o limitaciones existentes para dicha planificación desde la perspectiva de las estructuras institucionales y operacionales, las condiciones sociales y económicas de la población, así como las formas de participación pública establecidas en el marco jurídico, considerando el contexto de la ciudad de Mexicali B.C.

### **4.1.- Condicionantes geográficas ambientales**

La planificación de áreas verdes urbanas requiere de diversas condiciones apropiadas para su instrumentación exitosa, y en el caso de las ciudades localizadas en zonas áridas una de las principales condicionantes son las características ambientales, como son: suelos no fértiles, la baja precipitación pluvial, altas temperaturas y altas tasas de evapotranspiración, lo que se traduce en un escenario difícil para la creación y mantenimiento de áreas verdes debido primordialmente por la escasez de agua,

Los medios ambientes áridos son muy diversos en términos de las formas de la tierra, tipos de suelos, fauna, flora, balances hidrológicos y actividades humanas, sin embargo la característica principal de las regiones áridas -valga la redundancia- es la aridez.

#### 4.1.1.- Significado y condiciones de aridez

La definición de aridez según el diccionario (Encyclopedia Britannica Publishers, 1994-1995) significa: seco, estéril, de poco jugo y humedad. De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 1989), uno de los conceptos más aceptados de aridez es el que se expresa como una función de la precipitación pluvial y la temperatura y una de las formas más utilizadas para representarla es el índice climático de aridez calculado por el método de Penman:  $P/ETP$ , donde:

$P$ = Precipitación

$ETP$ = Evapotranspiración Potencial, considerando la humedad atmosférica, radiación solar y viento.

Con base en el índice de Penman se han delimitado tres tipos de zonas áridas denominadas: hiper-árida, árida y semiárida.

La zona hiper-árida (índice de aridez de 0.03) comprende suelos prácticamente sin vegetación, con excepción de arbustos escasos y con prácticas de pastoreo. La precipitación pluvial es baja excediendo raramente los 100 mm por año, la lluvia es infrecuente e irregular.

La zona árida (índice de aridez 0.03 - 0.20) se caracteriza por prácticas de pastoreo y cultivos solo con riego. La vegetación nativa es escasa, compuesta por pastos perennes y anuales y vegetación herbácea, arbustos y pequeños árboles. Hay una gran variabilidad de la precipitación pluvial con intervalos de 100 a 300 mm por año.

La zona semi-árida (índice de aridez de 0.20 - 0.50) puede soportar agricultura de temporal con niveles regulares de producción. Puede darse producción ganadera y la vegetación nativa está representada por pastos, arbustos y árboles. La precipitación pluvial varía anualmente con rangos de 200-250 a 450-500 mm.

Con base en esta clasificación se ha estimado que en el mundo, las zonas hiper-áridas representan el 4.2 %, las zonas áridas 14.6 % y las semiáridas 12.2%, por lo tanto un tercio del área total mundial es tierra árida (FAO, 1989).

Respecto al patrón climático y la temperatura, las zonas áridas por lo general se caracterizan por una relativa estación seca y "fría", seguida por una estación relativamente seca "caliente" y finalmente por una moderada estación lluviosa. Particularmente en las dos primeras estaciones hay una significativa fluctuación de la temperatura diurna en estas estaciones, ya que pueden subir las temperaturas a 35 o 45 °C en el día y descender a 10 o 15 °C en la noche (FAO, 1989).

Esta situación de temperaturas extremadamente altas o bajas pueden provocar daños a las plantas, las cuales solo pueden sobrevivir a las altas temperaturas a través de la transpiración, pero su crecimiento se puede ver afectado negativamente o hasta causar su muerte cuando se presentan por períodos prolongados, ya sea de calor o frío.

Aunque la lluvia y la temperatura son los factores principales que producen la aridez, existen otros factores que también tienen influencia como son la humedad y el viento. La humedad en el aire tiene su importancia para el balance del agua del suelo. Cuando el contenido de humedad en el suelo es más alto que en el aire, hay una tendencia a que se evapore el agua en el aire. Cuando es el caso opuesto, el agua se condensa en el suelo. La humedad es generalmente baja en las zonas áridas. La presencia de rocío y neblina conducen a una mayor humedad en el aire y reduce por lo tanto la evapotranspiración y conservación de la humedad del suelo.

Respecto al viento y debido a la escasez de vegetación que pueda reducir el movimiento del aire, las regiones áridas por lo general son típicamente ventosas o expuestas al viento. Estos vientos remueven la humedad del aire alrededor de las plantas y suelo y por lo tanto se incrementa la evapotranspiración.

Por otra parte, las diferencias de temperatura durante el día tienen su impacto también en los suelos al provocar la desintegración mecánica o física de las rocas, que junto con los vientos fuertes producen una remoción de las partículas finas del suelo y de materia orgánica, permaneciendo las partículas más grandes como arenas o gravas, por lo que otra de las características de las regiones áridas son sus suelos infértiles (FAO, 1989).

Todas estas condiciones de temperatura, precipitación, humedad, viento y tipo de suelo producen que exista una escasa vegetación en las regiones áridas, sin embargo se pueden identificar tres tipos característicos de vegetación: las efímeras anuales, suculentas perennes y no suculentas perennes (FAO, 1989).

Las efímeras anuales aparecen después de las lluvias y completan su ciclo de vida mas o menos en ocho semanas. Son generalmente pequeñas en tamaño como los pastos, con raíces superficiales y su adaptación consiste en su crecimiento activo. En épocas de sequía permanecen en forma de semillas. Suculentas perennes: son capaces de almacenar agua para consumirla en períodos de sequía, desarrollan espinas en lugar de hojas para tener bajas tasas de transpiración. Los cactus son la especie típica. No suculentas perennes: comprende la mayor parte de plantas en zonas áridas. Son plantas fuertes, incluyendo pastos, herbáceas, arbustos y cierto tipo de árboles. Biológicamente están activas durante todo el año y resisten las épocas seca y fría. Estos dos últimos tipos grupos también se les conoce como plantas xerófitas que son aquellas que pueden subsistir con pequeñas cantidades de humedad.

#### 4.1.2.- Mexicali en el contexto de las regiones áridas del país

La República Mexicana está dividida en regiones ecológicas de acuerdo al tipo de vegetación, clima y aspectos biogeográficos. De acuerdo a estos criterios se pueden

identificar básicamente seis regiones: La Árida–semiárida que cubre casi la mitad del país (49.8%) que se encuentra separada por la Sierra Madre Occidental y dividida en dos zonas: el Desierto de Chihuahua al Este y el desierto de Sonora al Oeste. La segunda es la Templada subhúmeda con 19.7%; la tercera es el Trópico subhúmedo con 17.5%; le sigue el Trópico húmedo con 11% y las de menor porcentaje son la Templada húmeda (1.1%) y las zonas de Transición tierra-mar (0.9%) (Vivanatura, 2006) (ver figura 4.1.-1).

**Figura 4.1-1** Regiones ecológicas de México



**Fuente:** Vivanatura (2006).

Mexicali, ciudad fronteriza, capital del estado de Baja California y cabecera municipal del municipio de Mexicali, se encuentra situada en una de las zonas áridas del país, en la provincia fisiográfica del Desierto de Sonora, misma que se caracteriza por presentar un tipo de clima cálido-seco en verano y templado en invierno, en donde se presentan escasas precipitaciones pluviales con lluvias en invierno. La temperatura promedio en verano es de 38 a 40 °C llegando a registrar máximas de 52 °C la temperatura media anual es de 23 a 27 °C siendo el mes más frío enero con una media mensual de 12.7 a 15 °C. Con relación a la precipitación pluvial, el régimen de lluvias es en diciembre y enero, con un promedio anual de 73.9 mm (Lo que la ubica como una zona hiper-árida) aunque se registran años en los que se han presentado precipitaciones acumuladas de 132 mm (XV Ayuntamiento de Mexicali, 1998).

Respecto a las características topográficas, Mexicali presenta pendientes en el rango del 0 al 2% en la mayor parte del área urbana. Esto hace necesario la utilización de

sistemas de bombeo tanto para abastecer de agua potable a la ciudad, como para el desalojo de las aguas residuales de la misma, en tanto el drenaje pluvial, representa un alto costo en su habilitación al ser mínima su conducción superficial (XV Ayuntamiento de Mexicali, 1998) (ver figura 4.1-2).

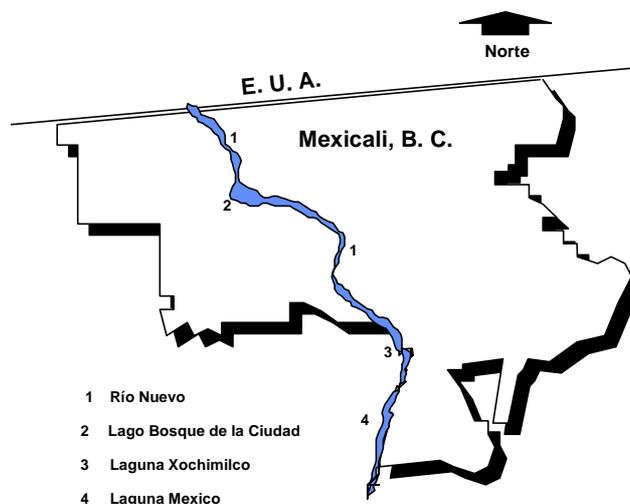
**Figura 4.1-2** Foto aérea de Mexicali



**Fuente:** ECA (2003).

Con relación a la hidrología, Mexicali se ubica dentro de la región hidrológica No. 7 denominada Delta del Río Colorado, con una extensión de 5,132 km<sup>2</sup>. Los cuerpos de agua de mayor relevancia en la ciudad son: la Laguna Xochimilco, la Laguna México, el Lago del Bosque de la Ciudad y el Río Nuevo (ver figura 4.1-3), todos estos cuerpos de agua, son alimentados por una red de drenes agrícolas que generan contaminación por descargas clandestinas. Estos drenes forman parte del sistema natural de drenaje de aguas de riego de la zona norte del Valle de Mexicali, el cual termina por fluir en el Río Nuevo hacia los Estados Unidos (XV Ayuntamiento de Mexicali, 1998).

Figura 4.1-3 Principales cuerpos de agua de la ciudad de Mexicali<sup>6</sup>



Fuente: XV Ayuntamiento de Mexicali (1998).

La ciudad de Mexicali se encuentra rodeada por un valle agrícola en el que se siembran anualmente alrededor de 200,000 ha de forrajes y hortalizas. La fuente de abastecimiento para proveer de agua tanto al valle como a la ciudad, proviene por una parte y principalmente del Río Colorado, producto del Tratado Internacional de Límites y Aguas entre México y Estados Unidos de 1944, y por otra parte de la extracción de acuíferos (CEA, 2003).

Respecto al mencionado Tratado Internacional de fecha de 3 de febrero de 1944, Estados Unidos le asigna a nuestro país un volumen garantizado de 1,850'234,000 m<sup>3</sup> anuales en condiciones normales, de los cuales 1,677'545,000 m<sup>3</sup> corresponden a Baja California y el resto, 172'689,000 m<sup>3</sup> a Sonora; esta asignación se le conoce como el escurrimiento base anual. Una segunda forma de entrega de agua sería cuando se presentara alguna situación de excedencia del volumen anterior, que para motivos operacionales del sistema de presas, se ha establecido un volumen anual de 2,096'934,000 m<sup>3</sup> de agua. Una tercer condición sería cuando se presentara una sequía en la cuenca alta, con reducciones en el volumen de entrega en la misma proporción que se realice en los usuarios de la cuenca del lado estadounidense (Román, 2001). Este Tratado tiene una vigencia indefinida, como se establece en el Artículo 28 del Capítulo VII, Disposiciones Finales: *“Este Tratado será ratificado y las ratificaciones canjeadas en la ciudad de Washington. Entrará en vigor el día de canje*

---

<sup>6</sup> En mayo de 1996 se licitó la obra para embovedar el Río Nuevo y en 1998 se terminó la obra de la primera etapa que comprende el trayecto de la línea internacional a la Av. Lázaro Cárdenas (Congreso del Estado de Baja California, 1998); la segunda etapa comenzó en el 2007 y comprende de la Av. Lázaro Cárdenas al Blvd. Terán.

*de ratificaciones y regirá indefinidamente hasta que sea terminado por otro tratado concluido al efecto entre los dos gobiernos” (DOF, 1945).*

Respecto a la fuente de agua proveniente de acuíferos, los correspondientes al Valle de Mexicali tienen una extracción promedio anual de 900 millones de metros cúbicos ( $Mm^3$ ) y una recarga aproximada de  $700 Mm^3$ , lo que representa una sobreexplotación al observarse un déficit en el balance hidráulico del acuífero de  $200 Mm^3$  (CEA, 2003).

De acuerdo a la Comisión Estatal del Agua (CEA, 2003), el uso del agua en el estado de Baja California se destina a seis principales fines: agrícola, urbano, para acuicultura y pesca, recreación y turismo, para la generación de energía eléctrica y para el medio natural. La mayor parte de este volumen de agua es utilizada para fines agrícolas (91%) cuyas fuentes de abastecimiento son el Río Colorado y los acuíferos, le sigue el uso urbano (8 %), que en el caso de Mexicali, el aprovisionamiento total proviene del Río Colorado y una mínima parte es para el resto de las actividades (1%).

En el caso del uso agrícola, la eficiencia en el riego es muy baja y existe un gran desperdicio de agua debido entre otras causas a prácticas rudimentarias de riego, deficiente conservación de la infraestructura hidráulica, problemas de nivelación e inadecuado manejo del agua en el nivel parcelario. Según López (2001) la eficiencia en los sistemas de conducción por gravedad es del 56%, lo que significa que de cada metro cúbico derivado, se pierde casi la mitad del agua.

En el caso del uso urbano de Mexicali y con base en la facturación para el año 2003, se tuvo un consumo anual de  $77'305,166 m^3$ ; el mayor consumo estuvo representado por el uso doméstico  $56'465,149 m^3$  (73%), después el consumo de gobiernos (incluye las actividades de equipamiento urbano como son escuelas, oficinas de gobierno, descentralizadas y riego de jardines)  $7'294,913 m^3$  (10%), el sector comercial con un consumo de  $7'070,376 m^3$  (9%) y el sector industrial un consumo de  $6'474,728 m^3$  (8%). En el caso de las áreas verdes y de acuerdo a las tomas registradas para su riego, se tuvo un consumo anual de  $341,886 m^3$ , que representa un 5% del consumo de gobiernos y el 0.5% del consumo urbano total anual (CESPM, 2004).

En suma, desde la perspectiva geográfica ambiental, Mexicali por localizarse en una región árida presenta condicionantes para el desarrollo de la vegetación debido a su clima extremo y la escasa precipitación pluvial. Sin embargo, a diferencia de otras ciudades en regiones áridas, Mexicali debido a su cercanía a la fuente principal de abastecimiento de agua del Río Colorado, muestra condiciones privilegiadas para incrementar la cobertura vegetal, como lo demuestra el valle agrícola que la rodea.

No obstante, es importante destacar algunas consideraciones al respecto: actualmente la oferta del recurso agua es fija y la demanda por el mismo es creciente, en particular por el uso urbano, dándose inclusive la práctica de que aquellos desarrollos habitacionales ubicados en la periferia de la mancha urbana que no tienen factibilidad de abastecimiento de agua por medio de la red, lo hacen comprando los derechos de riego de las parcelas agrícolas.

Por otra parte, aunque el Tratado Internacional de 1944 tiene una vigencia indefinida lo que en principio aseguraría una asignación segura de agua, esta es una condición que puede cambiar en un futuro, como es el hecho de que Estados Unidos ha emprendido acciones unilaterales como es el proyecto de revestir de concreto un tramo del canal Todo Americano con el fin de contar con una mayor cantidad de agua para regar el Valle Imperial, lo que afectaría la recarga de los acuíferos del Valle de Mexicali (Buchanan y Reyes, 2006).

Por lo tanto, la búsqueda de un equilibrio entre la oferta y la demanda es la clave para alcanzar un uso más sustentable del recurso, por lo que se requiere en el corto y mediano plazo de estrategias tendientes a disminuir dicha brecha a través de acciones de ahorro y uso más eficiente del agua que permitan el abasto y ampliación de las diversas actividades.

## **4.2.- Estructuras institucionales y operacionales**

Hasta 1992 en el estado de Baja California las actividades de planificación urbana eran conducidas por el Gobierno del Estado en coordinación con la Federación y los Municipios, pero a partir de ese año con base en el Decreto 132 (POE, 1992), se otorga competencia y se faculta a los Ayuntamientos de los Municipios del Estado para que en las funciones de catastro, control urbano y con éstas las de planificación urbana apliquen las leyes estatales de la materia.

A partir de 1992, el municipio de Mexicali inicia la modernización del catastro con apoyo de recursos federales a través del Programa 100 Ciudades promovido por la SEDESOL y establece en su organización administrativa una incipiente estructura para desarrollar la planeación urbana del municipio, la cuál se va fortaleciendo con el tiempo. El primer Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali (PDUCPM) elaborado por el Ayuntamiento de Mexicali data de 1995, de ahí a la fecha se han elaborado cuatro actualizaciones más, estando la última en revisión en la Comisión Coordinadora de Desarrollo urbano y su publicación próxima en el 2006 (ver tabla 4.2-1).

Desde 1992, la planeación urbana de Mexicali se desarrolla dentro de la estructura administrativa municipal, en la Dirección de Administración Urbana, correspondiendo a una jefatura de departamento, sin embargo a partir de 2003 el Ayuntamiento de Mexicali crea el Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana (IMIP) como parte de la estructura administrativa de desarrollo urbano, lo cual significa un avance en la Planificación urbana del municipio, al darle una identidad propia y autónoma respecto a las otras direcciones (ver figura 4.2-1).

Con la estructura administrativa del IMIP y la modernización catastral que integra el inventario de predios digitalizados y sistematizados en una base de datos dentro de un Sistema de Información Geográfico, es viable llevar a cabo la planificación de áreas verdes urbanas de Mexicali.

**Tabla 4.2-1** Programas de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali, B.C.

PROGRAMA	FECHA DE PUBLICACIÓN EN EL PERIÓDICO OFICIAL	FECHA DE INSCRIPCIÓN ANTE EL REGISTRO PÚBLICO DE LA PROPIEDAD Y EL COMERCIO	ELABORACIÓN	ADMINISTRACIÓN
PLAN REGULADOR DE 1973	-----	-----	Gobierno del Estado	-----
PLAN REGULADOR DE 1977	-----	-----	Gobierno del Estado	-----
PDUCP DE MEXICALI, B.C. 1985	30 de noviembre 1984, No.33, Sección II, Tomo XCI	-----	Federación (SEDUE), Estado y Municipio (SAHOPE)	XI Ayuntamiento de Mexicali
PDUCP DE MEXICALI, B.C. 1993-2007	10 de Febrero de 1995, No. 6, Sección I, Tomo CII	-----	Municipio	XIV Ayuntamiento de Mexicali
PDUCP DE MEXICALI, B.C. 2010	27 de Noviembre de 1998	21 de Diciembre de 1998, Partida 5151912	Municipio	XV Ayuntamiento de Mexicali
Modificación del PDUCP DE MEXICALI, B.C. 2010 (Centenario)	6 de Diciembre de 2002	-----	Municipio	XVII Ayuntamiento de Mexicali
Modificación del PDUCP DE MEXICALI, B.C. 2010 (Valle de Puebla)	2 de Mayo de 2003	-----	Municipio	XVII Ayuntamiento de Mexicali
PDUCP DE MEXICALI, B.C. 2025 (En revisión)	PENDIENTE para publicarse en el 2006	PENDIENTE	IMIP	XVIII Ayuntamiento de Mexicali

Fuente: Información proporcionada por el Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Mexicali (2006).

**Figura 4.2-1** Estructura administrativa municipal de Mexicali (Desarrollo Urbano)



Fuente: XVIII Ayuntamiento de Mexicali (2005).

### 4.3.- Condicionantes sociales y económicas

Las ciudades en el estado de Baja California son relativamente jóvenes, habiéndose creado hace poco más de 100 años, debido entre otros factores, a la lejanía del centro del país y las condiciones geográficas en esta región árida.

La ciudad de Mexicali nace en 1904 y aunque tuvo un crecimiento poblacional lento en las primeras décadas, (6,782 habitantes en 1921, 14,842 en 1930 y 18,775 en 1940) para 1950 presenta un alto crecimiento, del 45.6% al contar con 64,609 habitantes, 197,076 en 1960, 294,103 en 1970, 341,559 en 1980, llegando a 438,337 en 1990 y para el 2000, contaba con 590,096 habitantes (INEGI, 2000).

Para la estimación de la población al 2025 en la ciudad de Mexicali se consideran tres escenarios. El primero considera una tasa de crecimiento anual sostenida de 2.7%, de lo que resulta una población de 673,419 habitantes en el 2005 y de 1'142,177 habitantes en el 2025; y considerando una tasa de crecimiento decreciente- con datos de CONAPO y censal- con una tasa de crecimiento de 2,8% en el 2001 y 1.6% en el

2025, se estima una población de 680,774 habitantes en el 2005 y de 1,076,141 con datos censales (ver tabla 4.3-1) (IMIP, 2005).

**Tabla 4.3-1** Proyecciones de población de Mexicali con tres escenarios

Hipótesis de población 2000-2025. Ciudad de Mexicali			
Año	Tendencia Censal	CONAPO (*)	Tendencia Alta
1990	453,110	453,110	453,110
<b>2000</b>	<b>590,096</b>	<b>579,199</b>	<b>590,096</b>
2001	605,892	596,138	607,210
2002	622,111	612,920	624,820
2003	638,764	629,561	642,941
<b>2004</b>	<b>655,863</b>	<b>646,211</b>	<b>661,587</b>
2005	673,419	662,714	680,774
2006	691,446	679,411	700,516
2007	709,955	696,055	720,831
2008	728,959	712,808	741,736
2009	748,472	729,566	763,246
<b>2010</b>	<b>768,507</b>	<b>746,646</b>	<b>785,380</b>
2011	789,079	763,396	805,760
2012	810,201	780,477	826,668
2013	831,889	797,515	848,119
2014	854,157	814,820	870,126
2015	877,021	831,983	892,705
2016	900,498	849,194	910,559
2017	924,602	866,542	928,770
2018	949,352	883,759	947,345
<b>2019</b>	<b>974,764</b>	<b>901,026</b>	<b>966,292</b>
2020	1,000,857	918,253	985,618
2021	1,027,648	935,487	1,003,092
2022	1,055,156	952,064	1,020,875
2023	1,083,401	969,163	1,038,974
2024	1,112,402	986,004	1,057,394
<b>2025</b>	<b>1,142,179</b>	<b>1,002,588</b>	<b>1,076,140</b>

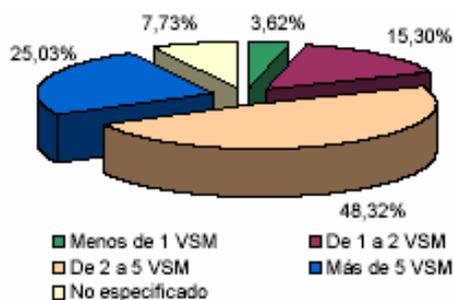
(\*) La proyección solo incluye Mexicali y Santa Isabel

**Fuente:** Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Mexicali (2005).

Respecto a las actividades económicas de la segunda mitad de los noventa al 2005, se han perfilado tendencias de crecimiento hacia el sector industrial que junto con el sector comercial y la condición fronteriza de Mexicali, han producido un uso intensivo de la infraestructura y los servicios urbanos.

La distribución de la población económicamente activa ocupada según los ingresos percibidos en el área urbana de Mexicali fue la siguiente: 3.6% recibe menos de una vez el salario mínimo, el 15.3% percibe de 1 a 2 veces el salario mínimo, el 48.3% de 2 a 5 veces el salario mínimo y por último el 25% recibe más de 5 veces el salario mínimo (ver figura 4.3-1) (IMIP, 2005).

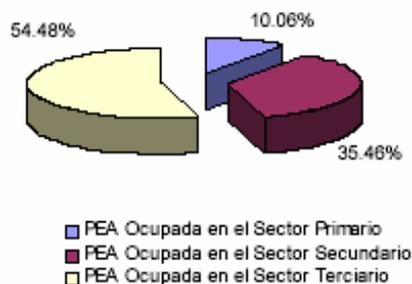
**Figura 4.3-1** Nivel de ingresos de la población



**Fuente:** Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Mexicali (2005).

La distribución de la población por sectores productivos según los resultados censales del 2000, indica que 54.48% de la población ocupada se dedica al sector terciario<sup>7</sup>, 35.46% al sector secundario<sup>8</sup> y 10.06% al sector primario<sup>9</sup> (IMIP, 2005).

**Figura 4.3-2** Población ocupada por sector de actividad año 2000



**Fuente:** Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Mexicali (2005).

<sup>7</sup> Sector terciario: comprende la población ocupada que trabaja en comercio, transporte, servicios financieros, servicios profesionales, en gobierno y otros servicios.

<sup>8</sup> Sector secundario: población ocupada que trabaja en la minería, generación y suministro de electricidad y agua, construcción o industria manufacturera.

<sup>9</sup> Sector primario: comprende la población ocupada que trabaja en agricultura, ganadería, silvicultura, caza o pesca.

#### 4.4.- Instrumentos jurídicos y participación ciudadana

La participación ciudadana en México en la toma de decisiones en materia ambiental, sin lugar a dudas remite a la colectivización de la información científica generada a raíz del recrudecimiento de los grandes problemas ambientales, situación que ha traído consigo la aparición de nuevos actores sociales, como los grupos ecologistas, hoy denominados ambientalistas. Por lo que, la participación ciudadana es definida como: “aquellos espacios de reflexión, acción, demanda y pronunciamientos a partir de los cuales el sujeto (llámese ciudadano, empresario, ambientalista, etc.) propone, reconstruye, reafirma y promueve un proyecto de sociedad” (IDEA de México, et al., 1999:11).

La participación ciudadana desde la perspectiva ambiental generalmente ha obedecido a determinaciones de problemáticas ambientales, las cuales han conducido también a la creación de espacios jurídicos que han formalizado dicha participación.

De esta manera, en el ámbito federal la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente dedica el Título Quinto a la participación social y establece la necesidad de que el Gobierno Federal promueva la participación y responsabilidad de la sociedad en la formulación de la política, la aplicación de instrumentos y la realización de acciones de información y vigilancia que permitan el cumplimiento del objeto de dicha Ley y establecer las bases para definir los principios de la política ecológica general, el ordenamiento ecológico, la preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente, entre otras (DOF, 1988).

La Ley General de Asentamientos Humanos establece en la Fracción IV del Artículo primero: *“Determinar las bases para la participación social en materia de asentamientos humanos”*. Asimismo, contempla un capítulo específico de participación social, en el Artículo 48 estipula a la letra: *“La Federación, las entidades federativas, y los municipios promoverán acciones concertadas entre los sectores público, social y privado, que propicien la participación social en la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población”*.

En el ámbito estatal, la Ley de Planeación para el Estado de Baja California establece en la Fracción VI del Artículo primero *“Las bases normativas para promover, encauzar y garantizar la participación del desarrollo a nivel comunitario de los diversos grupos sociales, organizaciones e instituciones representativas en la ejecución de las acciones del Plan Estatal de Desarrollo, los planes municipales y los programas relativos”* y dedica el Capítulo Tercero a la participación social en la planeación, cuyo Artículo 14 establece a la letra *“En el ámbito del Sistema Estatal de Planeación del Desarrollo, se dará la participación y consulta de los diversos grupos sociales, con el objeto de que la población exprese sus opiniones para la formulación, instrumentación y evaluación del Plan Estatal, los planes municipales y los programas a que se refiere esta Ley”*. Las organizaciones representativas de obreros, campesinos, grupos populares, instituciones académicas, profesionales de la investigación, organismos empresariales, y otras agrupaciones sociales, participarán como órganos de consulta permanente en

el proceso de planeación del desarrollo, a través de foros de consulta, organizados por el Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado (COPLADE) y los Comités de Planeación para el Desarrollo Municipales (COPLADEM); con el fin de captar las propuestas y demandas de la población (POE, 2001).

En el ámbito municipal, el Ayuntamiento de Mexicali publicó en el 2001 un reglamento específico de Participación Ciudadana y Vecinal, que tiene por objeto establecer, fomentar, promover y regular los instrumentos que permitan la organización y desarrollo de la participación ciudadana y vecinal en el Municipio, y su relación con el Ayuntamiento y las dependencias y entidades de la administración pública municipal. En el Artículo 4 se establece que los instrumentos de participación ciudadana y vecinal son los medios con los que los ciudadanos y los vecinos pueden disponer en forma individual o colectiva, según sea el caso, para expresar su aprobación, rechazo, opinión, propuestas, colaboración, quejas, recibir información y en general expresar su voluntad respecto de asuntos de interés público y general. Dichos instrumentos serán los siguientes (XVI Ayuntamiento de Mexicali, 2001):

- I.- Plebiscito.
- II.- Referéndum.
- III.- Iniciativa Ciudadana.
- IV.- Comités de Desarrollo Social.
- V.- Consulta Vecinal.
- VI.- Audiencia Pública.
- VII- Sistema de Quejas, Denuncias y Sugerencias.

En materia de planificación urbana del municipio de Mexicali, existe el Consejo Consultivo de los Planes de Desarrollo Urbano, que tiene por objeto emitir opiniones fundadas y motivadas relacionadas con los planes de desarrollo urbano municipal, así como de las medidas referentes a la protección del medio ambiente. Este Consejo Consultivo está integrado por representantes de los siguientes organismos: por parte de la Federación, la Secretaría de Desarrollo Social; por parte del estado, la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas del Estado y la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali, y por parte del municipio: la Dirección de Catastro, Control Urbano y Ecología; Instituto para el Desarrollo Urbano de Mexicali, Dirección de Obras y Servicios Públicos y la Dirección de Bomberos y Protección Civil. Además la Universidad Autónoma de Baja California, el Colegio de Ingenieros, Colegio de Arquitectos, Promotores de vivienda y las Cámaras Nacionales de la Industria de la Transformación, de Comercio y de la Industria de la Construcción (XII Ayuntamiento de Mexicali, 1983).

En materia ambiental, existe el Reglamento de Protección al Ambiente para el Municipio de Mexicali, B.C. que establece en el Capítulo Noveno las disposiciones para la participación ciudadana y las medidas de concientización a través de la Comisión Municipal de Ecología dentro del seno del COPLADEM (POE, 1997).

En materia específica de forestación urbana, recientemente se publicó el Reglamento de Áreas Verdes para el municipio de Mexicali B.C, que establece en la Fracción XI del Artículo 4 *“Promover la cultura forestal y participación de la sociedad en materia de protección, preservación y conservación de las áreas verdes”* (POE, 2005).

En suma, la situación de Mexicali referente a sus condiciones ambientales y disponibilidad de agua es sui generis, ya que por una parte el paisaje desértico que caracterizaba su emplazamiento original se ha visto transformado sustancialmente a partir del siglo XX y de esta manera su entorno árido ya no es tal, no es un lugar de especies típicamente xerófitas y animales silvestres, sino que la ciudad se encuentra rodeada de un valle agrícola debido a la disponibilidad de agua por la cercanía a la fuente de abastecimiento principal que es el Río Colorado; por otra parte, el Río Nuevo que era uno de los elementos naturales importantes, ya no es más un río que desvía agua del Río Colorado hacia la región sino un dren compuesto de desechos agrícolas, aguas negras municipales y descargas industriales crudas y parcialmente tratadas, que además en la mayor parte de su trayectoria por la zona urbana se encuentra entubado; sin embargo, esta disponibilidad de agua con que cuenta la región, utilizada de una manera eficiente ofrece posibilidades para aumentar y mantener las áreas verdes de la ciudad.

Respecto a las estructuras institucionales y operacionales, aunque desde 1992 cuenta el municipio con una organización administrativa para realizar las actividades de planificación urbana, no ha habido ninguna iniciativa particular para la planificación de áreas verdes urbanas y por último respecto a los instrumentos jurídicos y la participación ciudadana, existen a nivel federal, estatal y municipal fundamentos jurídicos que estipulan formas de participación de la ciudadanía de manera individual u organizada, sin embargo ha faltado la coordinación de las autoridades municipales para promover la colaboración de la población en programas de creación y conservación de las áreas verdes urbanas.

## **5.- PLANIFICACIÓN DE ÁREAS VERDES URBANAS EN MEXICALI, BAJA CALIFORNIA**

El objetivo de realizar la aplicación de la metodología propuesta para el centro de población de Mexicali es validarla y retroalimentarla, así como también corroborar o no, las hipótesis planteadas referidas a Mexicali. Por lo tanto, en este apartado se establece la estructura organizacional para llevar a cabo la planificación de áreas verdes dentro del organigrama municipal; después se realiza el inventario, caracterización y distribución de las áreas verdes urbanas, junto con la estimación de las necesidades desde el punto de vista social y ambiental de este tipo de espacios; posteriormente se realiza un diagnóstico contrastando la oferta y la demanda, y a partir de sus resultados, se trazan lineamientos estratégicos.

Es importante considerar que el proceso de planificación de áreas verdes urbanas deberá inscribirse dentro de la estructura organizativa municipal y de la normatividad aplicable en la materia, por lo que esta propuesta deberá considerarse como una guía metodológica para la elaboración de un Programa sectorial de áreas verdes urbanas, de acuerdo con la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Baja California (POE, 1994a).

### **5.1.- Estructura organizativa**

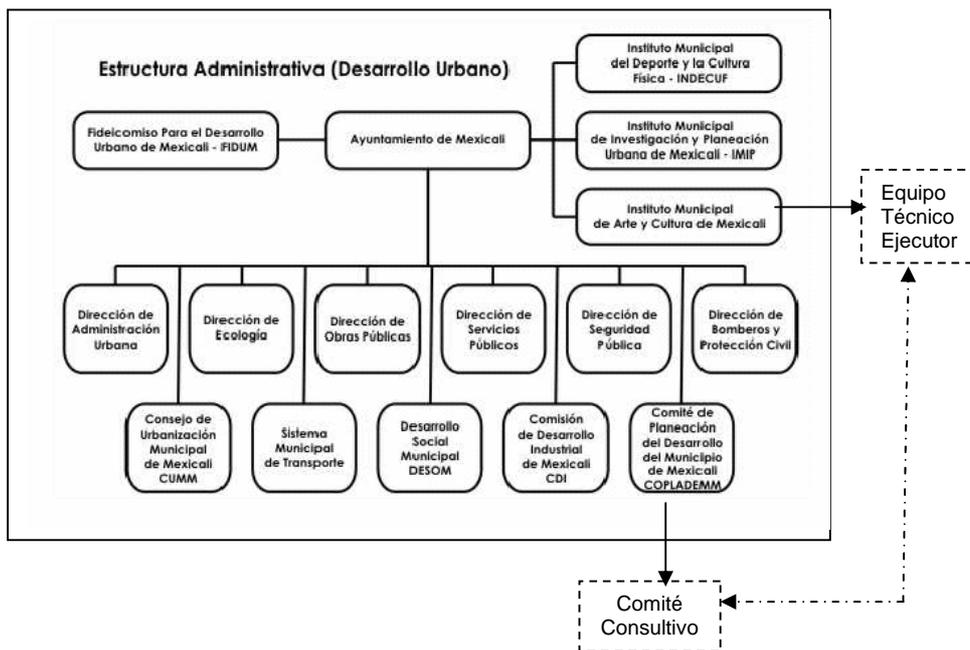
Una de las primeras acciones en el proceso de planificación de las áreas verdes urbanas es determinar la estructura organizacional que llevará a cabo y dará

seguimiento a dicho proceso, el cual deberá comprender un equipo técnico permanente, un equipo de apoyo temporal conformado por especialistas externos y un consejo consultivo.

La integración del Equipo Técnico deberá conformarse dentro de la misma estructura organizacional municipal por un reducido grupo de profesionistas (4 ó 5) que pueden ser de las áreas de arquitectura, ingeniería, ciencias sociales o naturales, con estudios de planeación urbana y/o ambiental, quienes se encargarán de definir los objetivos, programación de actividades, reuniones, necesidades de asesoría, subcontratación de estudios y/o servicios, organización de campañas de difusión y consulta pública, etc. El equipo consultor externo podrá estar integrado por especialistas en temas ecológicos, paisajísticos, ambientales, de participación pública o financieros, y su participación dependerá de las necesidades del estudio y del perfil mismo del equipo ejecutor.

El Comité Consultivo deberá estar integrado por representantes de los diversos sectores de la comunidad, que puedan evaluar con autonomía las propuestas realizadas por el Equipo Técnico, y que funcione también como un interlocutor con la comunidad, dé seguimiento a las acciones a desarrollar y facilite la toma de decisiones. (ver figura 5.1-1).

**Figura 5.1-1** Propuesta de Integración del Equipo Técnico y Comité Consultivo



**Fuente:** Elaboración propia con base en el organigrama del XVIII Ayuntamiento de Mexicali (2005).

La estructura administrativa del Ayuntamiento de Mexicali referente a aspectos de desarrollo urbano, comprende seis direcciones (Administración Urbana, Ecología, Obras Públicas, Servicios Públicos, Seguridad Pública, Bomberos y Protección Civil), tres institutos (Deporte y la Cultura Física, Investigación y Planeación Urbana y de Arte y Cultura), un Fideicomiso para el Desarrollo Urbano, un Consejo de Urbanización, el

Sistema Municipal de Transporte, Desarrollo Social Municipal, Comisión de Desarrollo Municipal y el Comité de Planeación del Desarrollo del Municipio (COPLADEMM).

El Equipo Técnico deberá integrarse dentro del Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana (IMIP), que es la instancia encargada de realizar los planes y programas relacionados con el desarrollo urbano del municipio, debiendo trabajar en coordinación con las Direcciones de Ecología, Obras Públicas y Desarrollo Social Municipal. En la creación del Comité Consultivo se puede aprovechar la organización establecida en el seno del Comité de Planeación para el Desarrollo Municipal de Mexicali (COPLADEMM) a través de los subcomités sectoriales de Desarrollo Urbano o de Medio Ambiente (POE, 2001a), para llevar a cabo la consulta pública entre la comunidad, se definan prioridades y se establezcan los planes de acción.

## 5.2.- Inventario y caracterización de componentes

### 5.2.1.- Componente físico-urbano

Este rubro comprende la identificación, cuantificación y localización por una parte de las áreas verdes urbanas potenciales y existentes como elementos físicos-urbanos, desde el nivel intraurbano de la mancha urbana, en el límite de centro de población hasta la escala de cuenca hidrológica; y por otra parte la cuantificación de las necesidades sociales de la población en términos de espacios recreativos y deportivos como elementos del equipamiento urbano.

#### 5.2.1.1 Inventario y caracterización de las áreas verdes potenciales a nivel de cuenca hidrológica

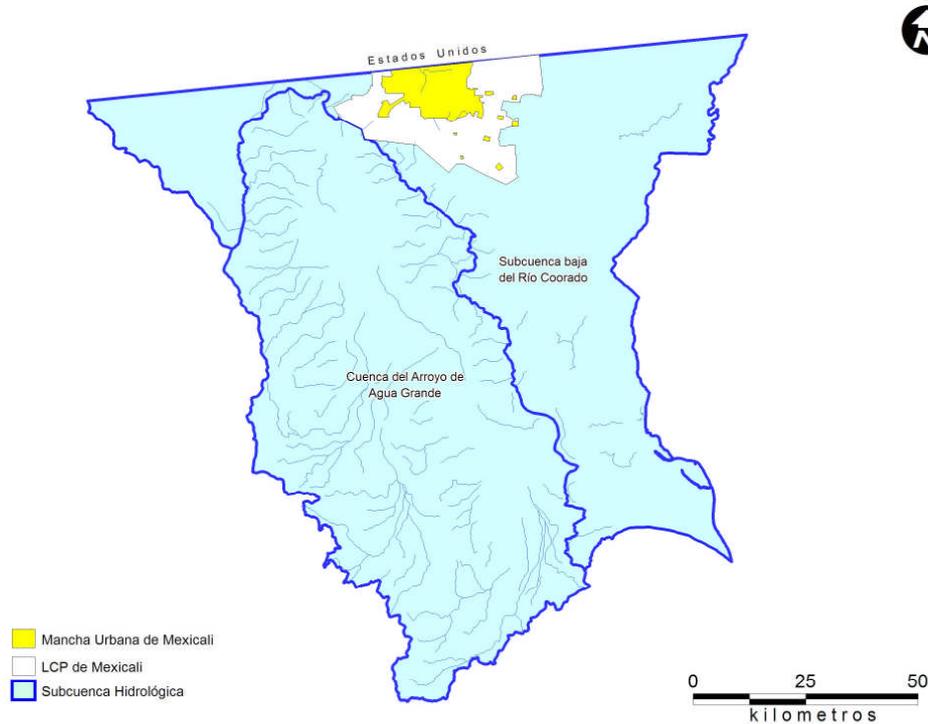
Con base en la propuesta de Miller (1998) y Bravo et al. (1998) para determinar las áreas verdes potenciales a partir de la regionalización hidrológica, se ubicó a Mexicali en la Región Hidrológica No.7 Río Colorado, en la cuenca hidrológica B (INEGI, 2006a) (ver figura 5.2-1), la cual a su vez se divide en subcuencas, correspondiendo a Mexicali la Subcuenca Baja del Río Colorado (ver figura 5.2-2); para identificar las áreas verdes potenciales.

**Figura 5.2-1** Regiones hidrológicas



**Fuente:** INEGI (2006a).

**Figura 5.2-2** Localización de Mexicali en la Subcuenca Hidrológica



**Fuente:** Elaboración propia con base en información de INEGI (2006a).

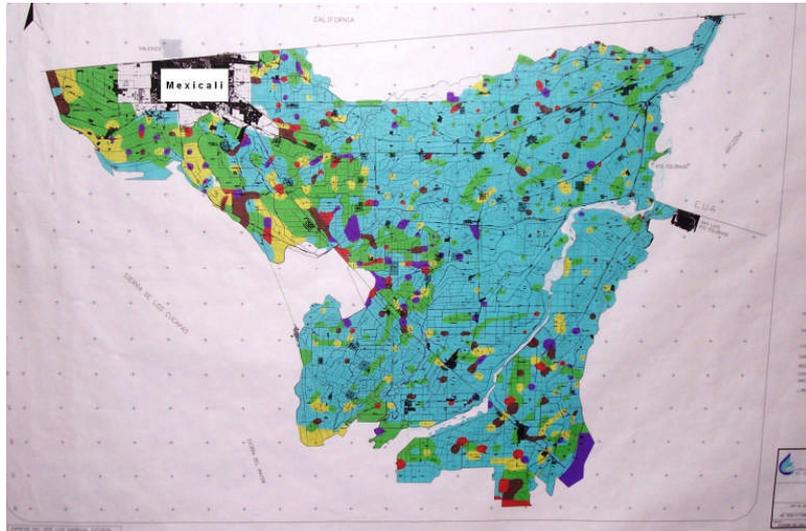
En la identificación de áreas verdes potenciales se consideraron tres criterios: Aquellos sitios con algún tipo de valor (ecológico, paisajístico, histórico o productivo); sitios no aptos para el desarrollo urbano por sus condiciones físicas; y sitios designados para tal fin a través de ordenamientos jurídicos

En cuanto a sitios con valor ecológico, paisajístico, histórico o productivo, se identificaron primordialmente áreas con valor productivo correspondientes a las tierras agrícolas del Valle de Mexicali que rodean a la ciudad y en donde se siembran anualmente alrededor de 250,000 ha de forrajes y hortalizas (CEA, 2003) (ver figura 5.2-3).

Con respecto a las áreas no aptas para el desarrollo urbano por sus condiciones físicas, se identificó el cauce del Río Nuevo, que también tiene un valor ecológico (ver figura 5.2-4). Este río, que actualmente es más bien un dren, fluye por una antigua área de drenaje que llevaba flujo ocasionalmente cuando la sedimentación del delta del Río Colorado desviaba agua a la región. La corriente no tiene fuente natural alguna, sino que el flujo está compuesto por desechos agrícolas (60%) aguas negras municipales crudas y parcialmente tratadas (20%), descargas industriales crudas y parcialmente tratadas (19%), y excesos pluviales urbanos (1%). Este río cruza la frontera y continúa

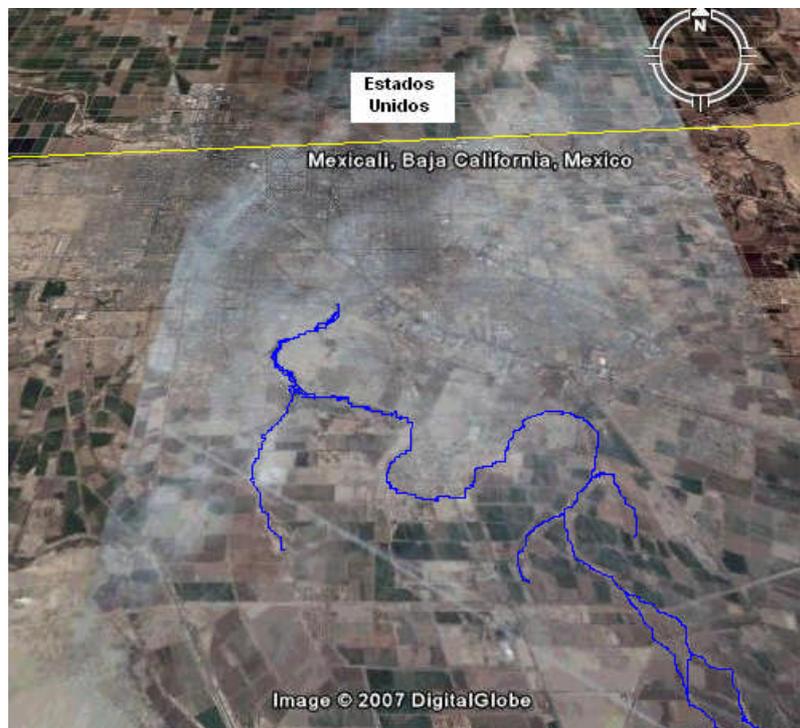
su curso de 106 km hacia el norte por la ciudad de Calexico, California y regiones del Valle Imperial antes de desembocar en el Mar de Salton. (Wikipedia, 2006)

**Figura 5.2-3** Valle agrícola de Mexicali



Fuente: CNA (2004).

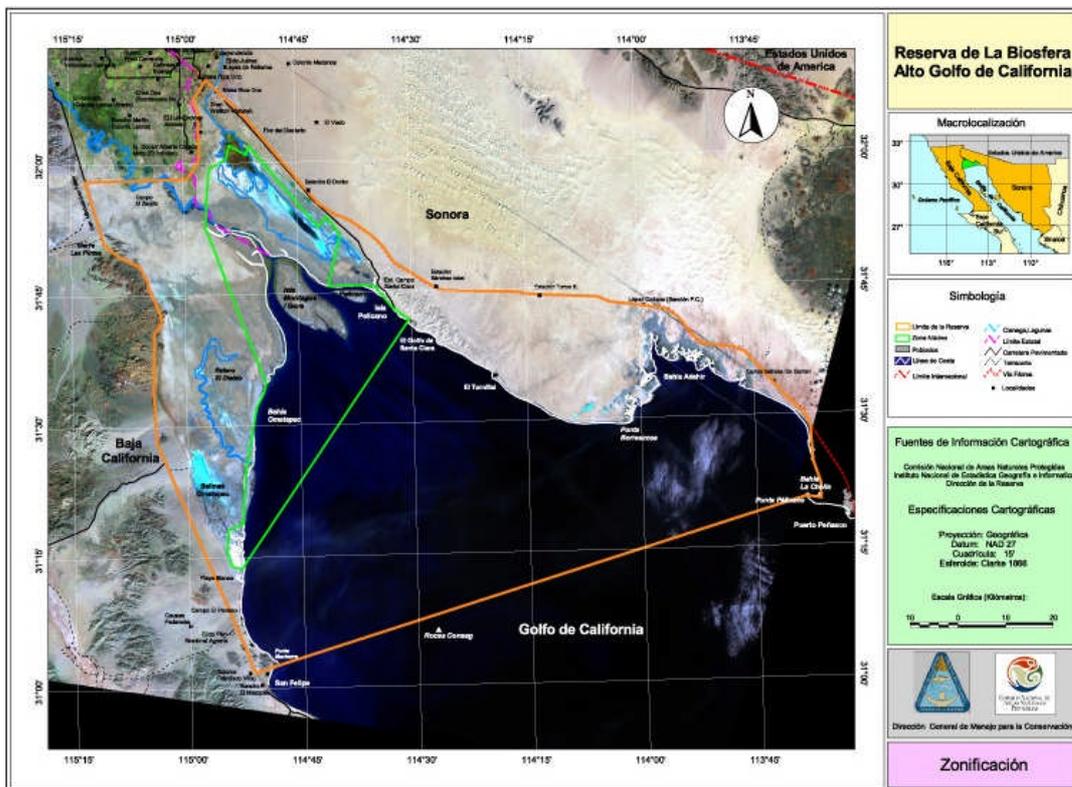
**Figura 5.2-4** Vista aérea del Río Nuevo



Fuente: Google Earth (2007).

Respecto a las áreas designadas por ordenamientos jurídicos se identificó en la parte sureste de la subcuenca una porción de la Reserva de la biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, decretada en 1993 cuya extensión es de 936,407 ha, de las cuáles el 60% son áreas marinas y el 40% son áreas terrestres; estas últimas abarcan territorio del municipio de Mexicali en Baja California y de los municipios de Puerto Peñasco y San Luís Río Colorado en Sonora (CNANP, 2007) (ver figura 5.2-5).

**Figura 5.2-5** Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado



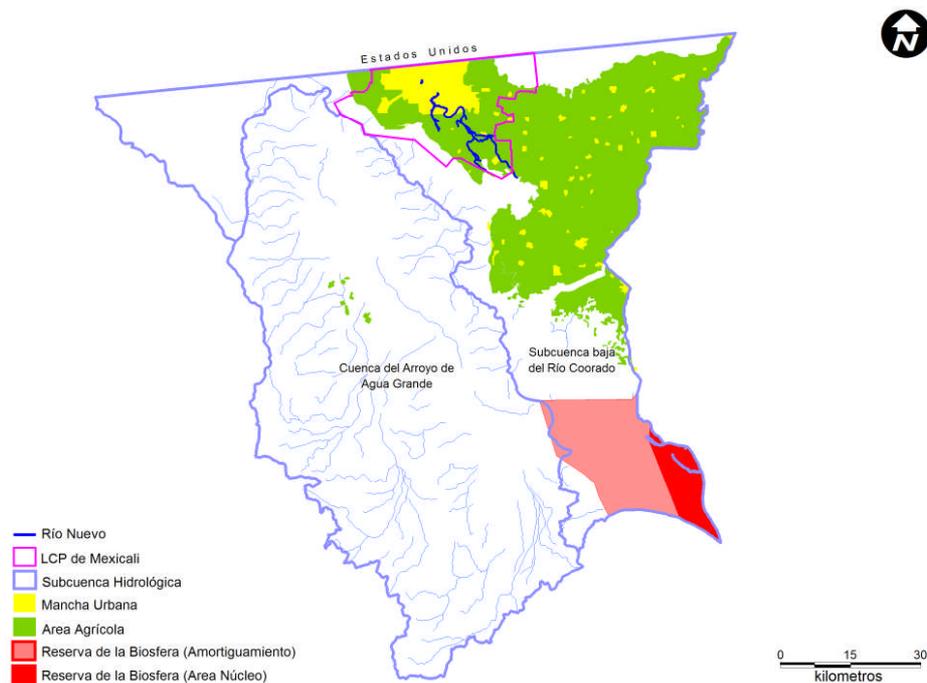
Fuente: CNANP (2007).

En suma, las áreas identificadas a nivel de la subcuenca hidrológica que tienen potencial para reservarse como áreas verdes son: las tierras agrícolas que rodean la ciudad de Mexicali por su valor productivo, el cauce del Río Nuevo por su valor ecológico y sus condiciones físicas que no lo hacen apto para el desarrollo urbano y una pequeña porción de la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo que se encuentra dentro del subcuenca Baja del Río Colorado (ver figura 5.2-6).

Sin embargo, dado que la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo cuenta con un plan de manejo elaborado en 1995 (CNANP, 2007) para la conservación de los ecosistemas marinos, costeros y terrestres y se encuentra a más de 100 km de la ciudad de Mexicali, únicamente se considerarán las áreas verdes potenciales correspondientes a las tierras agrícolas y el cauce del Río Nuevo. Estas áreas se examinarán a nivel de

centro de población para determinar sus niveles de productividad y las características del cauce del Río Nuevo.

**Figura 5.2-6** Áreas verdes potenciales localizadas dentro de la subcuenca Baja del Río Colorado



**Fuente:** Elaboración propia.

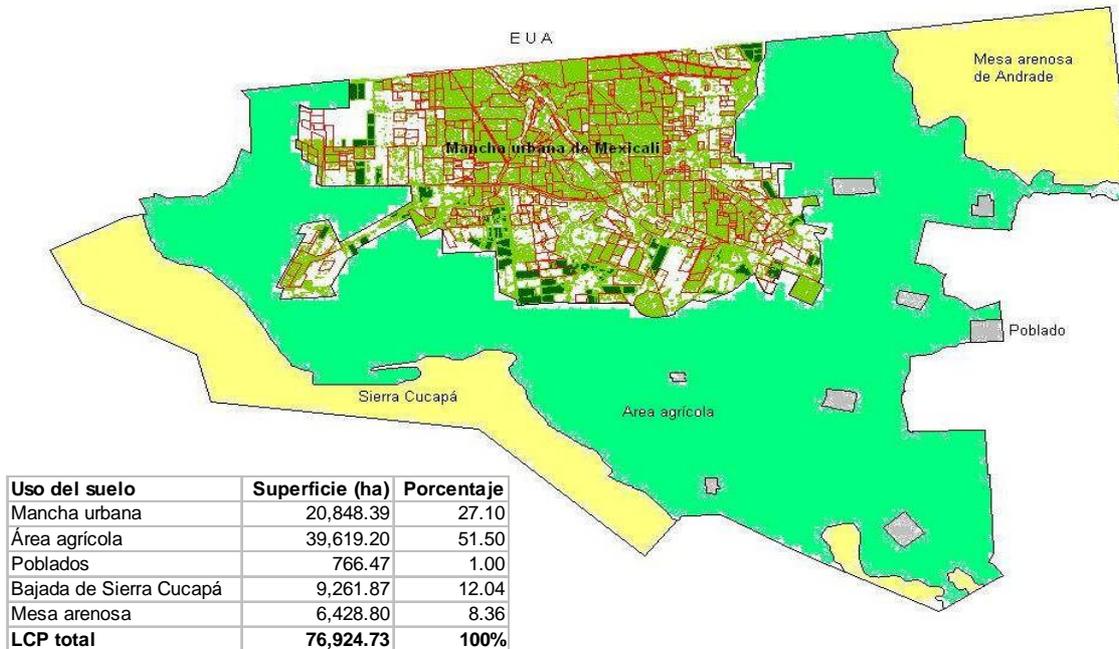
### 5.2.1.2 Inventario y caracterización de las áreas verdes potenciales a nivel de centro de población

El límite de centro de población establecido en el Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali, B.C. vigente (XV Ayuntamiento de Mexicali, 1998)<sup>10</sup>, comprende una superficie total de 76,924.73 ha, de las cuáles 20,848.39 ha (27.10%) corresponde a la mancha urbana al 2005, 39,619.20 ha (51.50%) corresponde al área agrícola y las 16,457.14 ha restantes (21.4%) corresponden a pequeños poblados y

<sup>10</sup> Existe otro límite de centro de población propuesto en la actualización del Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali 2025, elaborado por el Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana del XVIII Ayuntamiento de Mexicali, pero a noviembre de 2006 todavía no había sido aprobado por la Comisión de Planes de Desarrollo Urbano.

zonas no aptas para el desarrollo urbano como son la mesa arenosa de Andrade y las laderas de la Sierra Cucapá (ver figura 5.2-7).

**Figura 5.2-7** Límite de Centro de Población de Mexicali



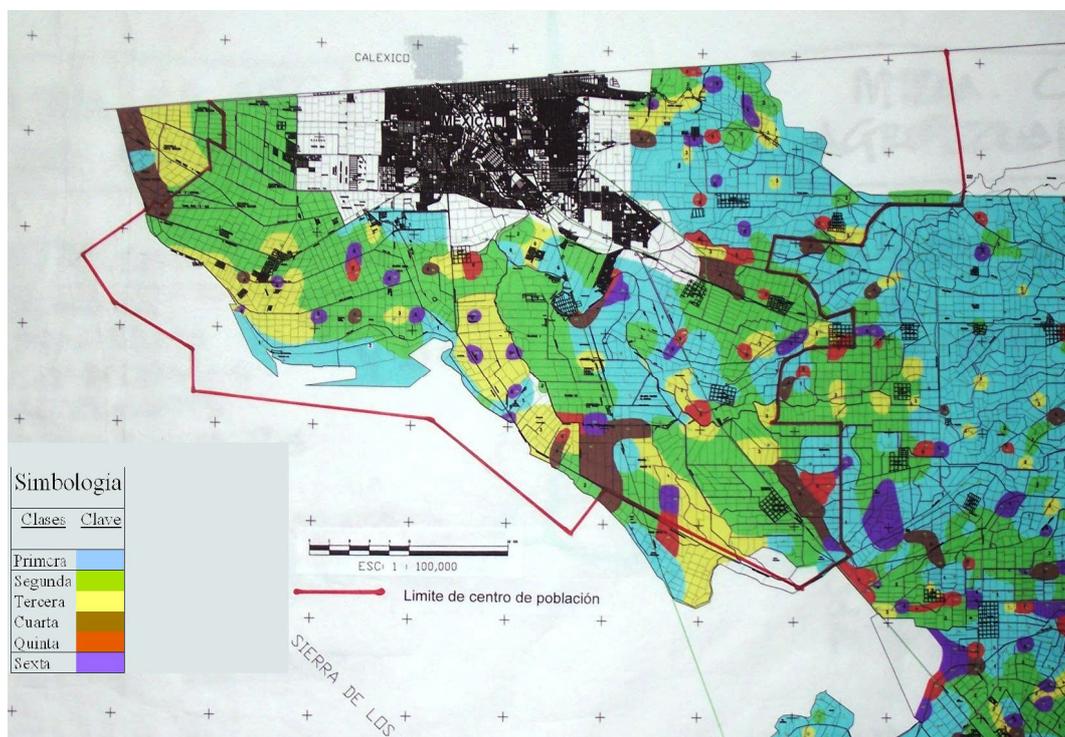
**Fuente:** Elaboración propia con base al XV Ayuntamiento de Mexicali (1998).

Respecto a la calidad productiva de las tierras agrícolas, dentro del límite de centro de población se encuentran seis tipos de clases, de acuerdo a la Subgerencia Regional de Infraestructura Hidroagrícola de la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2004)<sup>11</sup> desde las altamente productivas que son la Clase 1, hasta las no aptas para la agricultura, que son la Clase 6. Alrededor de la ciudad se encuentran primordialmente las tierras de Clase 2 que representan el mayor porcentaje (40.42%) y se localizan hacia el oeste y sur de la mancha urbana, indicadas en color verde, y las de Clase 1 en color azul (30.69%), que se localizan hacia el sureste y este de la misma (ver figura 5.2-8).

Estos dos tipos de clase 1 y 2 representan casi tres cuartas partes de las tierras agrícolas dentro del límite de centro de población, mientras que las tierras de menor calidad, identificadas como clases 5 y 6, representan los menores porcentajes (ver tabla 5.2-1).

<sup>11</sup> La Comisión Nacional del Agua a través de la Subgerencia Regional de Infraestructura Hidroagrícola en B.C. elaboró en diciembre de 2004 un estudio que comprende 250,000 ha del Valle de Mexicali en el que clasifica en 6 clases las tierras agrícolas de acuerdo a su salinidad a una profundidad de 0 a 30 cm con base en los criterios de CNA y FAO.

**Figura 5.2-8** Clases de salinidad de las tierras agrícolas del Valle de Mexicali



**Fuente:** CNA (2004).

**Tabla 5.2-1** Cuantificación por clases de las tierras agrícolas dentro del límite de centro de población

Tipo	Hectáreas	%
Clase 1	12,160.00	30.69
Clase 2	16,014.00	40.42
Clase 3	6,172.00	15.58
Clase 4	2,357.00	5.95
Clase 5	1,395.00	3.52
Clase 6	1,521.00	3.84
<b>Total</b>	<b>39,619.00</b>	<b>100.00</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base en información de CNA (2004).

Respecto a los cultivos en la zona agrícola, existen 3 ciclos: el de otoño-invierno, primavera-verano y perennes. Los cultivos mayormente sembrados en cuanto a superficie son el trigo, los forrajes y algodón, aunque los cultivos que tienen un mayor valor comercial son las hortalizas (ver tabla 5.2-2).

El porqué existen diferentes superficies y tipos de cultivos que se siembran en el Valle de Mexicali dependen de una serie de factores de tipo económicos, técnicos, ambientales, etc. como son: requerimientos de implementos agrícolas, cantidad de agua, tecnificación de los cultivos, por razones de tenencia de la tierra y calidad de los suelos – entre otros - pero en relación a este último factor, se puede establecer que generalmente los cultivos de mayor rentabilidad económica- como son las hortalizas- se localizan en las mejores tierras, principalmente en las Clase 1 y 2.

Tabla 5.2-2 Estadística Agrícola, año 2005<sup>12</sup>

CULTIVO	SUPERFICIE SEMBRADA (HA)	SUPERFICIE COSECHADA (HA)	PRODUCCION OBTENIDA (TON)	RENDIMIENTO OBTENIDO (TON/HA)	PRECIO MEDIO RURAL (\$)	VALOR DE LA PRODUCCION (\$)
<b>CICLO : OTONO-INVIERNO 2005</b>						
AVENA FORRAJERA EN VERDE	173	153	3274	21.399	790.00	2,586,460.00
BROCOLI	10	10	128	12.8	5,040.00	645,120.00
CALABACITA	5	5	65	13	6,370.00	414,050.00
CARTAMO	137	127	203.2	1.6	2,325.00	472,440.00
CEBADA GRANO	60	60	180	3	1,500.00	270,000.00
CEBOLLA	14	14	245	17.5	4,097.00	1,003,765.00
CEBOLLIN	78	78	881	11.295	6,845.00	6,030,445.00
CILANTRO	5	5	29	5.8	4,987.00	144,623.00
COLIFLOR	3	3	41	13.667	4,893.00	200,613.00
MELON	1	1	17	17	5,034.00	85,578.00
RABANO	12	12	97	8.083	4,450.00	431,650.00
RYE GRASS	995	995	52864.35	53.13	198.50	10,493,573.48
SANDIA	28	28	770	27.5	6,470.00	4,981,900.00
TOMATE VERDE	5	5	55	11	7,648.00	420,640.00
TRIGO GRANO	14930	14778	83486	5.649	1,600.00	133,577,600.00
VARIOS	6	6	51	8.5	3,465.00	176,715.00
<b>Total:</b>	<b>16462</b>	<b>16280</b>	<b>142386.55</b>			<b>161,935,172.48</b>
<b>CICLO : PERENNES 2005</b>						
ACEITUNA	15	0	0	0	0.00	0.00
ALFALFA VERDE	5023	5023	384259.5	76.5	250.00	96,064,875.00
DATIL	83	83	522.9	6.3	24,375.00	12,745,687.50
ESPARRAGO	101	101	422.18	4.18	39,600.00	16,718,328.00
EUCALIPTO	9	0	0	0	0.00	0.00
LIMON	14	14	287	20.5	1,585.00	454,895.00
NARANJA	5	5	118.75	23.75	1,675.00	198,906.25
NOPAL	5	5	112.5	22.5	1,500.00	168,750.00
PALMA DE ORNATO (Planta) (Plan	3	3	0.03	0.01	0.01	0.00
UVA	13	13	23.4	1.8	9,700.00	226,980.00
ZACATE	471	471	235.5	0.5	25,000.00	5,887,500.00
<b>Total:</b>	<b>5742</b>	<b>5718</b>	<b>385981.76</b>			<b>132,465,921.75</b>
<b>CICLO : PRIMAVERA-VERANO 2005</b>						
ALGODON HUESO	5256	5256	19026.72	3.62	2,160.00	41,097,715.20
BROCOLI	1	1	12.75	12.75	5,040.00	64,260.00
CALABACITA	9	9	108	12	6,370.00	687,960.00
CEBOLLIN	5	5	55	11	6,845.00	376,475.00
CILANTRO	5	5	29	5.8	4,987.00	144,623.00
ELOTE	45	45	315	7	1,900.00	598,500.00
MAIZ GRANO	45	0	0	0	0.00	0.00
MELON	1	1	15	15	2,200.00	33,000.00
SANDIA	37	37	888	24	2,000.00	1,776,000.00
SORGO ESCOBERO	8	8	8	1	2,000.00	16,000.00
SORGO FORRAJERO EN VERDE	1753	1753	78885	45	1,000.00	78,885,000.00
SORGO GRANO	29	29	130.5	4.5	1,200.00	156,600.00
TOMATE ROJO (JITOMATE)	2	2	68	34	8,010.00	544,680.00
TOMATE VERDE	9	9	90	10	7,648.00	688,320.00
VARIOS	227	227	1816	8	3,465.00	6,292,440.00
<b>Total:</b>	<b>7432</b>	<b>7387</b>	<b>101446.97</b>			<b>131,361,573.20</b>
<b>TOTAL CICLO AGRICOLA 2005</b>	<b>29,636.00</b>	<b>29,385.00</b>	<b>629,815.28</b>			<b>425,762,667.43</b>

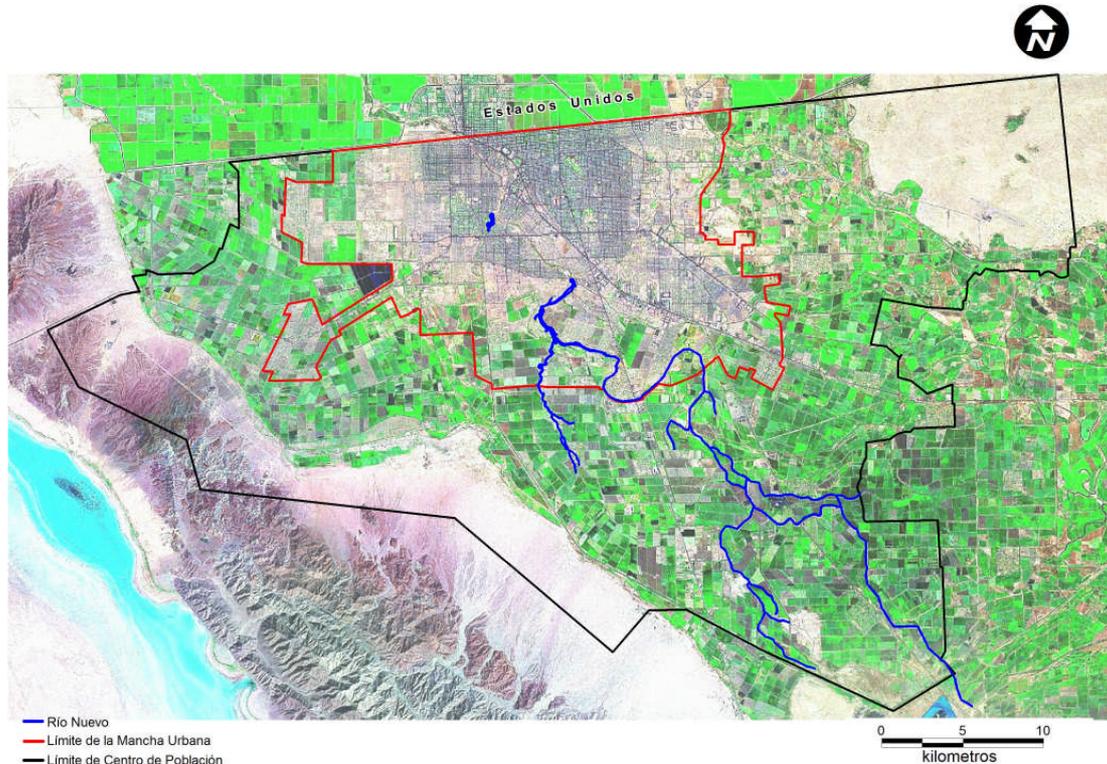
Fuente: Centro de Apoyo al Desarrollo Rural La Hechicera, Gobierno del Estado de B.C. (2005).

Respecto a la vegetación en el cauce del Río Nuevo, formado básicamente por las descargas de drenes agrícolas, industriales y urbanas, los afluentes principales fuera de la mancha urbana pero dentro del límite de centro de población representan aproximadamente una longitud de 75 km y una superficie de 139.40 ha (ver figura 5.2-9).

En suma, las áreas verdes potenciales fuera de la mancha urbana pero dentro del límite de centro de población son 12,299.40 ha, correspondiendo 139 ha al Río Nuevo y 12,160 ha a las tierras agrícolas clase 1.

<sup>12</sup> Esta información forma parte de la Estadística Agrícola del Valle de Mexicali 2001-2005 proporcionada por el Centro de Apoyo al Desarrollo Rural La Hechicera, de la Secretaría de Fomento Agropecuario del Gobierno del Estado de Baja California. Se seleccionó el año 2005 por representar los valores comerciales más recientes.

**Figura 5.2-9** Localización del Río Nuevo dentro del límite de centro de población de Mexicali



**Fuente:** Elaboración propia.

### 5.2.1.3 Inventario y caracterización de las áreas verdes urbanas existentes y potenciales en la mancha urbana

La identificación de las áreas verdes correspondientes a la mancha urbana de Mexicali se realizó a través del procesamiento de imágenes de satélite QUICKBIRD multispectrales con una resolución de 2.6 m del año 2003; utilizando el programa IDRISI Versión 32, (Eastman,1999) y para la construcción del Sistema de Información Geográfica se utilizó el programa MapInfo Professional (2004) versión 7.8 (ver Anexo 1).<sup>13</sup>

Para caracterizar y cuantificar las áreas verdes urbanas existentes, primero fue necesario identificar toda la cubierta vegetal de la mancha urbana a través de la utilización de imágenes de satélite y la aplicación del índice denominado NDVI por sus siglas en inglés (Normalized Difference Vegetation Index), el cual registra la actividad fotosintética de las plantas, representadas por polígonos con valores positivos arriba de cero, como se puede observar en la figura 5.2-10.

<sup>13</sup> En el Anexo 1 se describen de manera amplia las etapas del proceso de identificación de áreas verdes a través de imágenes de satélite, los programas de computación utilizados, los criterios e índices seleccionados, así como los procedimientos llevados a cabo, por lo que en este apartado se enfatizarán los resultados del proceso.

**Figura 5.2-10** Imagen de satélite de Mexicali aplicando el índice NDVI

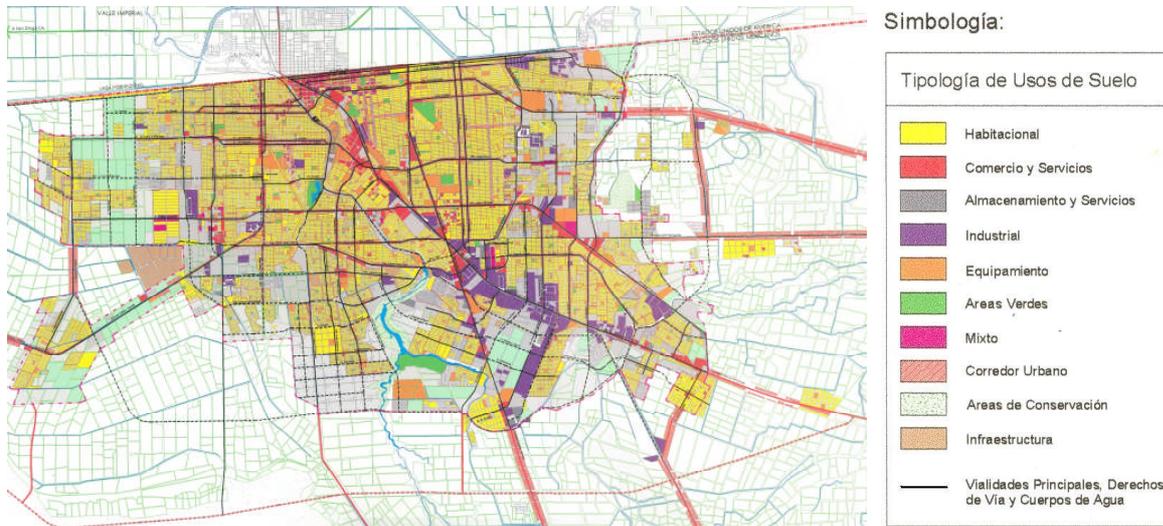


**Fuente:** Elaboración propia con el programa IDRISI.

Una vez identificadas las áreas verdes (197,574 polígonos) se procedió a caracterizarlas, tomando como base la clasificación propuesta en el capítulo 3. En este caso se consideraron aquellos polígonos localizados dentro de la mancha urbana, y se caracterizaron utilizando tres fuentes de información: un inventario de áreas verdes que comprende glorietas, isletas, camellones, parques y jardines públicos elaborado por el XVIII Ayuntamiento de Mexicali (2004); un inventario de equipamiento educativo elaborado por la Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano (SIDUE, 2004) y el Diagnóstico de Suelo urbano elaborado por el Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana (IMIP, 2005) (ver figura 5.2-11), complementadas con visitas de campo.

La cuantificación de la cubierta vegetal dentro de la mancha urbana arrojó una superficie total de 28'943,211.71 m<sup>2</sup> (28'079,052.44 m<sup>2</sup> de áreas verdes existentes y 864,159.27m<sup>2</sup> correspondientes a áreas verdes potenciales) las que representan respecto a la superficie total de la mancha urbana, el 13.88%. De este total, la distribución porcentual mayor a nivel subsistema corresponde a predios baldíos (30,05%), le sigue el habitacional (22.04%) y agropecuario (18.79%) y los de menor porcentaje son deporte (1.07%) y recreación (1.54%), (ver figura 5.2-12).

**Figura 5.2-11** Diagnóstico de suelo urbano de Mexicali

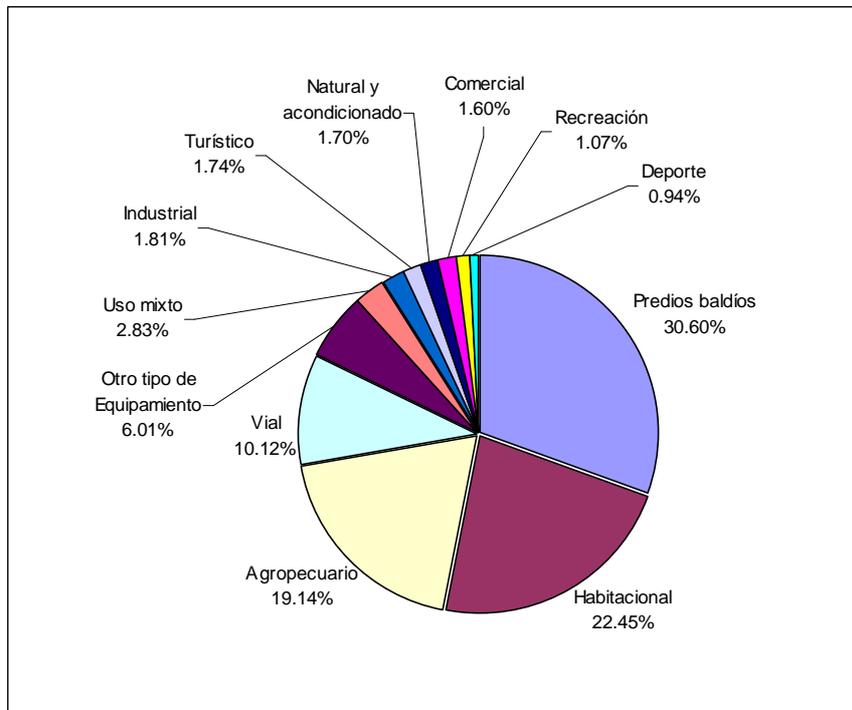


**Fuente:** IMIP (2005).

Por tipo de área verde y a nivel subsistema, son las áreas verdes públicas las de menor proporción, donde el subsistema de deporte (integrado primordialmente por unidades deportivas) presenta la menor superficie, apenas 1.07% del área total de áreas verdes, siguiéndole el subsistema de recreación con 1.54% (que comprende básicamente jardines vecinales, juegos infantiles y parques de barrio) y posteriormente el subsistema natural con 2.99% (correspondientes a las áreas verdes potenciales y comprende las áreas de conservación); mientras que el que presenta el mayor porcentaje de los espacios públicos, es el subsistema vial con 9.93% (integrado por la vegetación en camellones, glorietas y banquetas). Por el contrario, de las áreas verdes privadas, tres subsistemas integran prácticamente tres cuartas partes del total de áreas verdes (70.88%): los predios baldíos (urbanizados y no urbanizados) habitacional y agropecuario; habiendo también tres subsistemas pequeños (industrial, comercial y turístico) que representan apenas el 5% (Las cantidades y porcentajes pueden verse en la tabla 5.2-3).

Es importante destacar que la exactitud que se logró en la cuantificación de las áreas verdes urbanas a nivel subsistema fue posible por el procesamiento a través de imágenes de satélite, cuya resolución permitió definir polígonos hasta de 6 m<sup>2</sup> que corresponden prácticamente a la fronda de un árbol pequeño.

**Figura 5.2-12** Distribución porcentual de las áreas verdes en la mancha urbana de Mexicali a nivel subsistema



Fuente: Elaboración propia.

La identificación de las áreas verdes existentes y potenciales como elementos físicos urbanos en Mexicali correspondientes a la mancha urbana, se realizó a nivel subsistema, utilizando el plano del diagnóstico de suelo urbano elaborado por el Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana (IMIP, 2005).

En el caso de los subsistemas de recreación y deporte, el primero está representado principalmente por los elementos de: juegos infantiles, parques de barrio, y un par de parques urbanos. Su localización está asociada básicamente a los desarrollos habitacionales que están distribuidos por toda la ciudad, aunque en las zonas periféricas de la mancha urbana, se observan menos áreas verdes debido a que son desarrollos urbanos recientes (ver figura 5.2-13). En el caso del subsistema de deporte, está integrado por cuatro grandes unidades deportivas (UABC, Juventud 2000, INJUDE y el campo Necaxa) y la Ciudad Deportiva (ver figura 5.2-14).

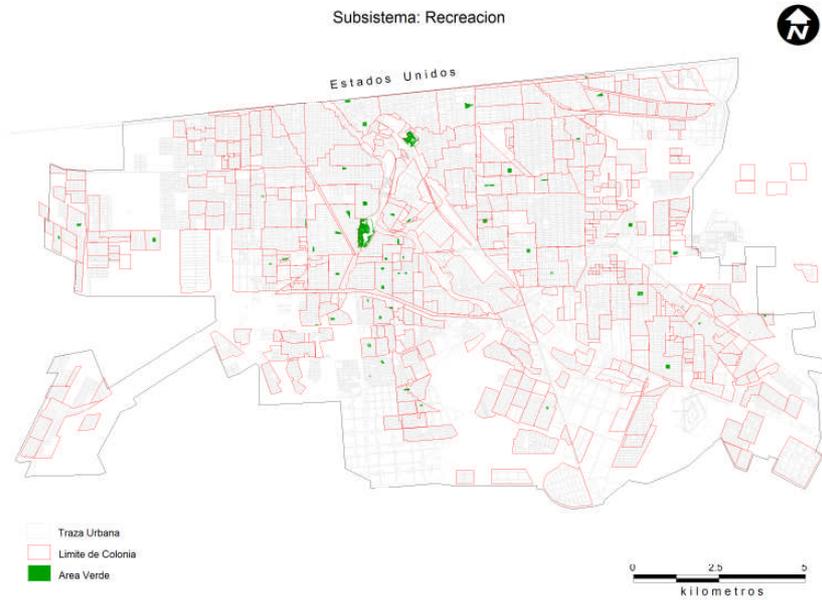
**Tabla 5.2-3** Cuantificación de áreas verdes en la mancha urbana de Mexicali a nivel subsistema

<b>Tipo</b>	<b>Sistema</b>	<b>Subsistema</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>(%)</b>	<b>Observaciones<sup>14</sup></b>
<b>P Ú B L I C A S</b>	Áreas verdes para el equipamiento urbano	Recreación	444,624.62	1.54	—
		Deporte	309,414.32	1.07	—
		Otro tipo de Equipamiento	1'666,283.91	5.76	—
	Áreas verdes funcionales	Vial	2'875,055.53	9.93	—
	Áreas verdes naturales y naturales acondicionadas	Natural y acondicionado	864,159.27	2.99	Comprende el uso de suelo de conservación y corresponde a las áreas verdes potenciales
<b>P R I V A D A S</b>	Áreas verdes productivas	Agropecuario	5'439,174.18	18.79	Comprende el uso de suelo rústico, considerado como reserva urbana
		Industrial	513,198.48	1.77	—
		Comercial	455,694.79	1.57	—
		Turístico	493,517.70	1.71	Comprende solo el Campo de Golf del Club Campestre
	Áreas verdes privadas	Habitacional	6'379,090.22	22.04	
		Uso mixto	805,651.87	2.78	Comprende los usos del suelo: mixto, corredor urbano e infraestructura
		Predios baldíos	8'697,346.82	30.05	Comprende los usos: grandes baldíos urbanizados y no urbanizados, considerados reservas urbanas
<b>Total</b>			<b>28'943,211.71</b>	<b>100 %</b>	

**Fuente:** Elaboración propia.

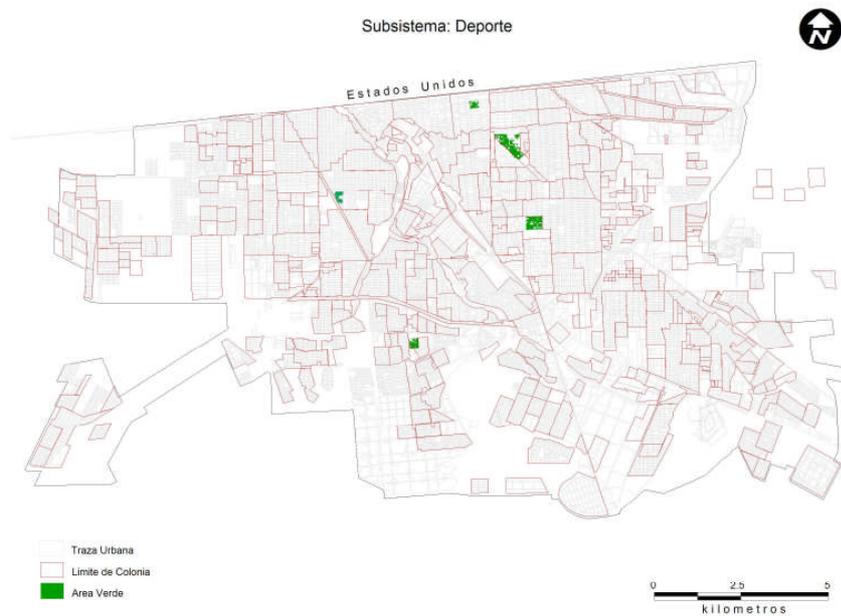
<sup>14</sup> Los usos del suelo mencionados corresponden a los establecidos en el Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali 2025 (IMIP, 2005).

**Figura 5.2-13** Localización de las áreas verdes urbanas del Subsistema de Recreación



**Fuente:** Elaboración propia.

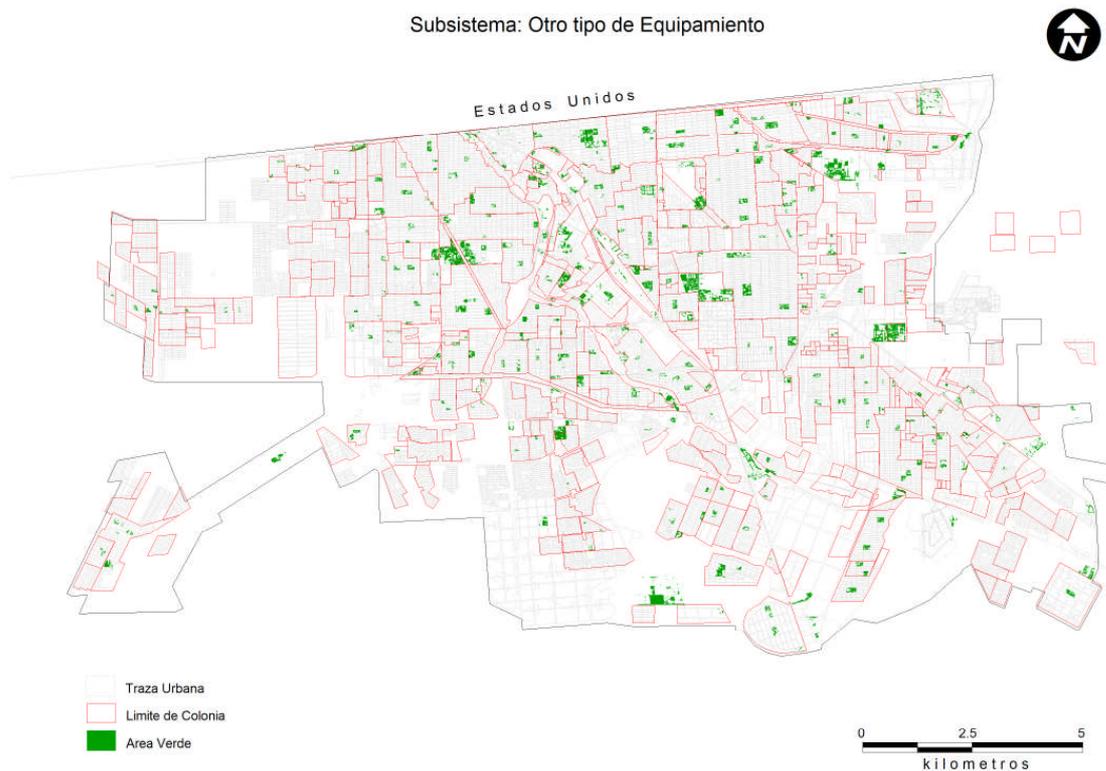
**Figura 5.2-14** Localización de las áreas verdes urbanas del Subsistema de Deporte



**Fuente:** Elaboración propia.

Respecto al subsistema otro tipo de equipamiento, se encuentran las áreas verdes que circundan edificios públicos de gobierno, así como entorno a centros educativos, como son escuelas de nivel preescolar, primaria, secundaria, bachillerato y profesionales, tanto públicas como privadas (ver figura 5.2-15).

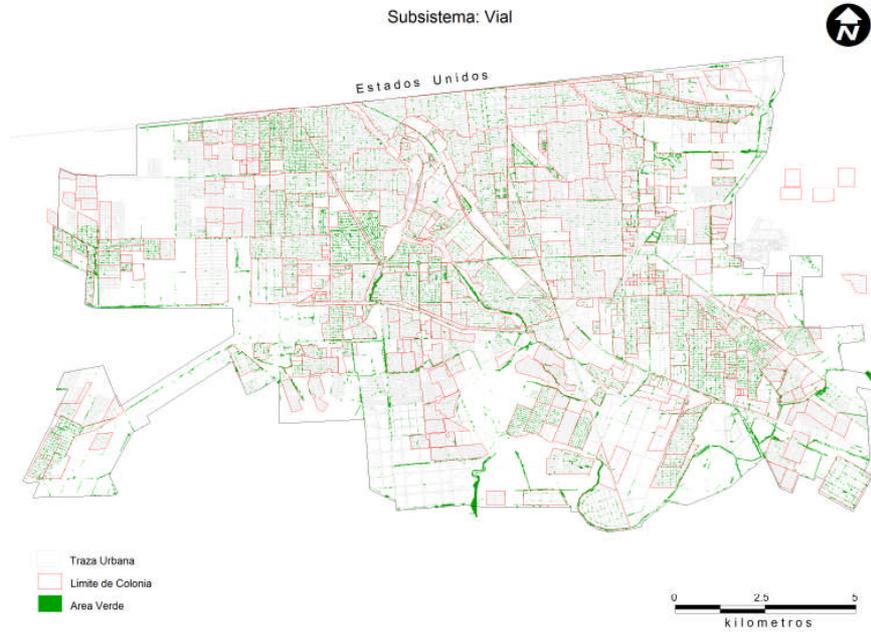
**Figura 5.2-15** Localización de las áreas verdes urbanas del Subsistema Otro Tipo de Equipamiento



**Fuente:** Elaboración propia.

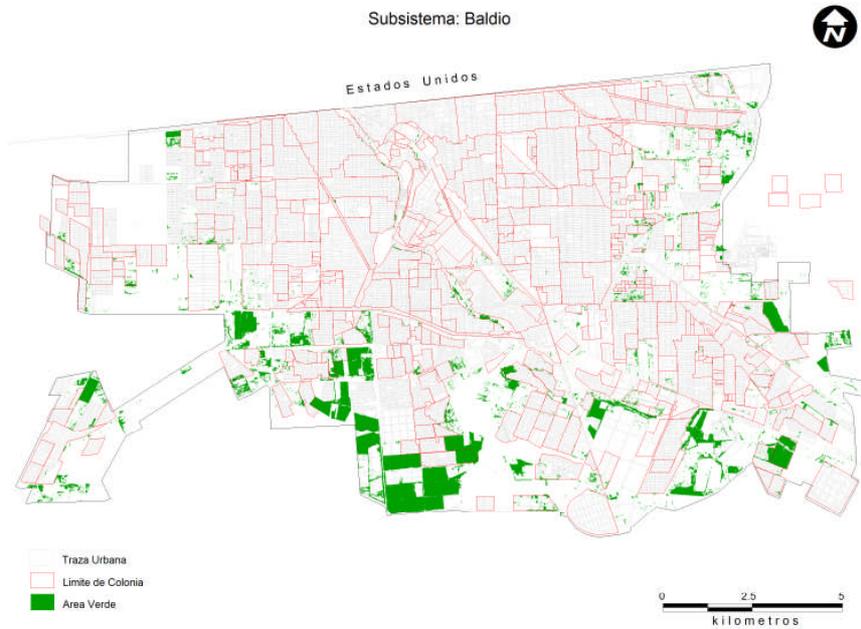
El subsistema vial, integrado por la vegetación en camellones, glorietas y banquetas, es el subsistema de tipo público más grande de su tipo (9.93%), representado tanto por aquellas vialidades de la ciudad que cuentan con pavimento, como también aquellas sin pavimento y a las orillas de caminos de terracería (ver figura 5.2-16).

**Figura 5.2-16** Localización de las áreas verdes urbanas del Subsistema Vial



Fuente: Elaboración propia.

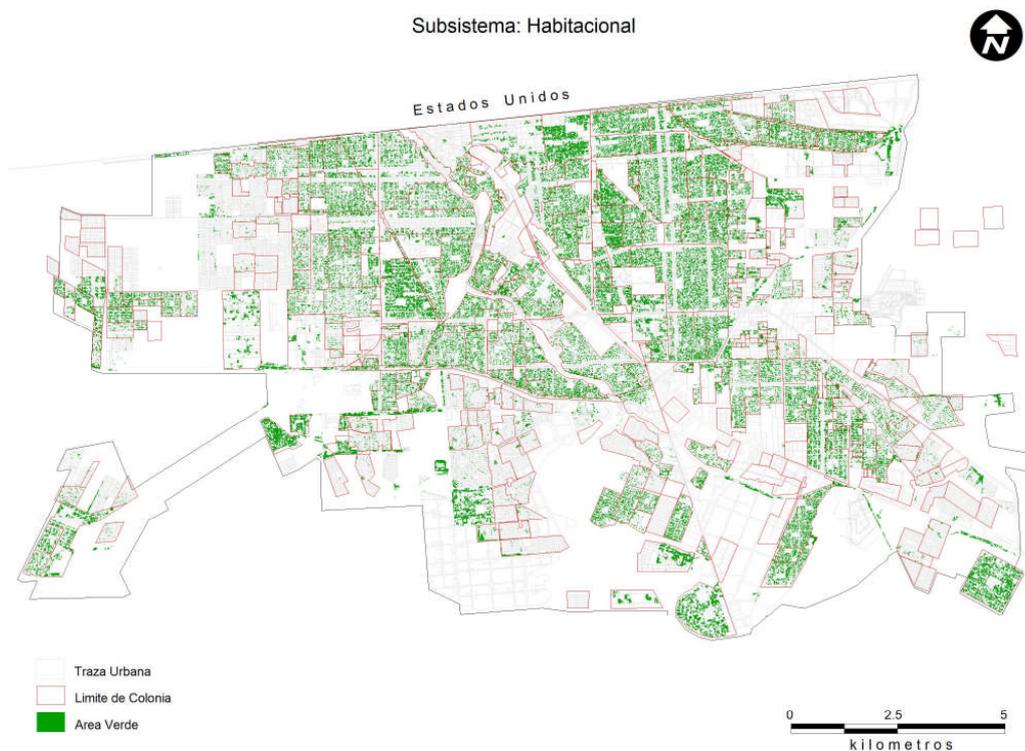
**Figura 5.2-17** Localización de las áreas verdes urbanas del Subsistema Predios baldíos



Fuente: Elaboración propia.

El segundo subsistema en importancia de tipo privado es el habitacional, que comprende el 22.04% del total de áreas verdes y como se observa en la figura 5.2-18, la mayor cantidad de polígonos verdes que representan la vegetación, se encuentran hacia el interior de la mancha urbana y en mucha menor cantidad hacia la periferia de ella, donde se localizan la mayoría de los desarrollos habitacionales recientes.

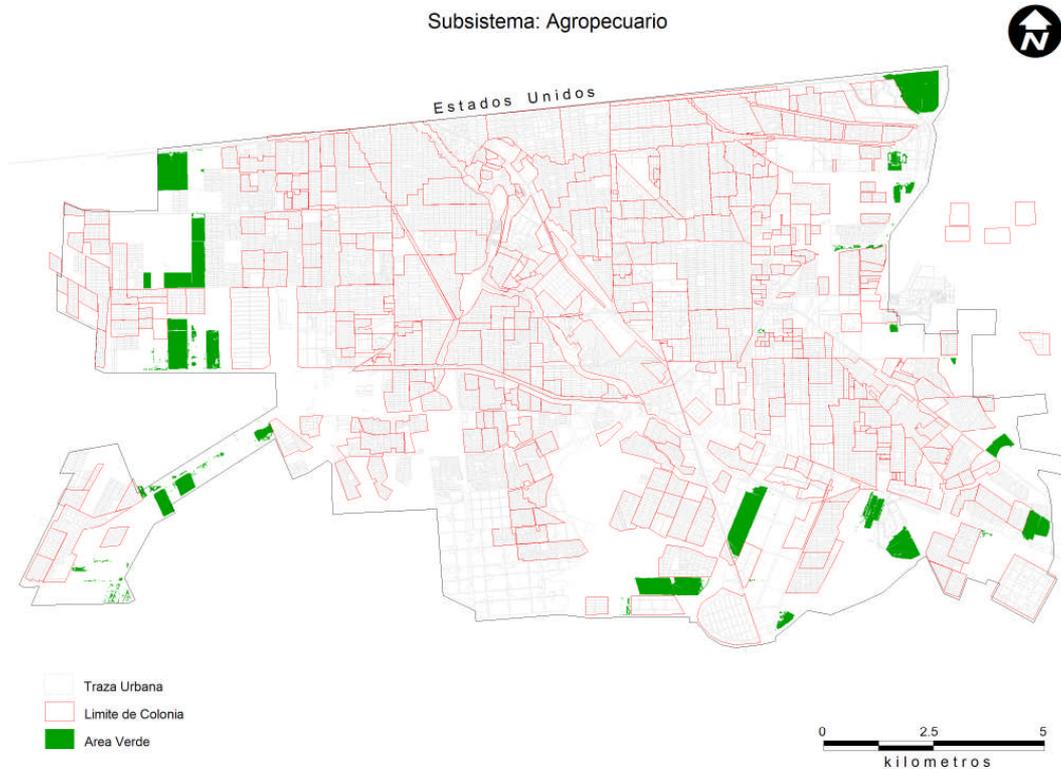
**Figura 5.2-18** Localización de las áreas verdes urbanas del Subsistema Habitacional



**Fuente:** Elaboración propia.

El siguiente subsistema en importancia es el subsistema agropecuario, que integra el 18.79% del total de áreas verdes y está representado por el uso del suelo rústico. Estas áreas están consideradas también como áreas de reserva urbana de acuerdo al IMIP (2005) por lo que en mediano o largo plazo se integrarán al crecimiento urbano (ver figura 5.2-19).

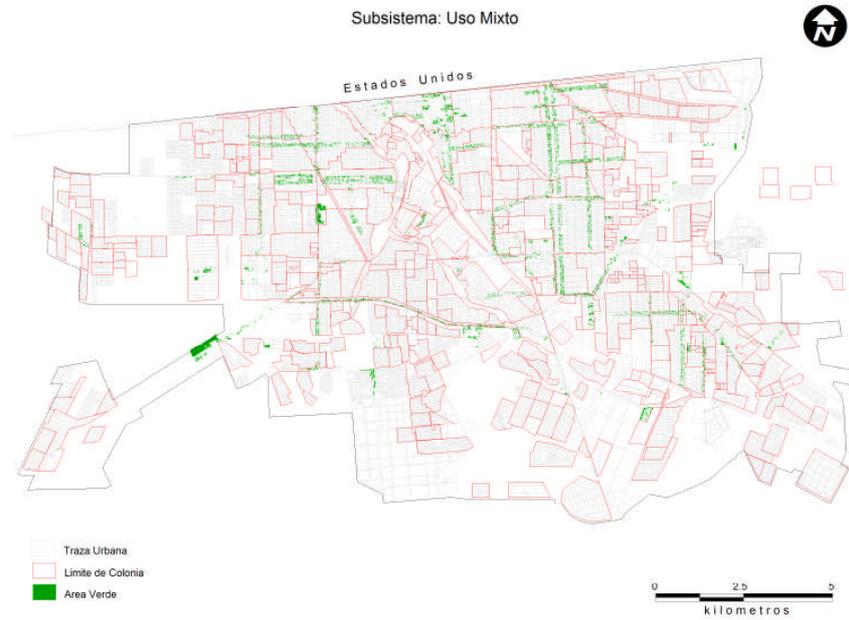
**Figura 5.2-19** Localización de las áreas verdes urbanas del Subsistema Agropecuario



**Fuente:** Elaboración propia.

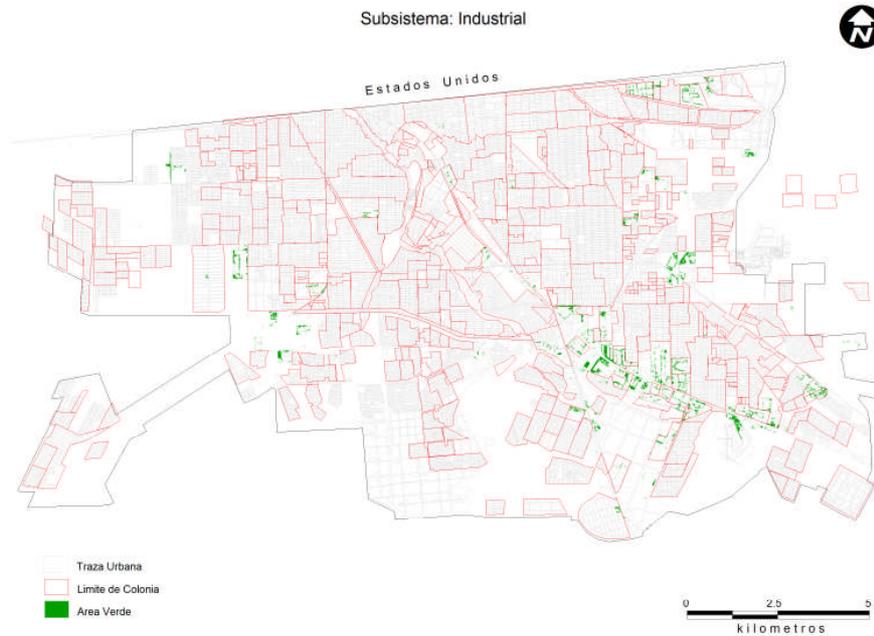
Por último, existen cuatro subsistemas de tipo privado que representan alrededor del 8% del total de áreas verdes, integrados por el subsistema mixto con el 2.78% que comprende la vegetación en los usos mixtos, corredores urbanos y espacios para la infraestructura (ver figura 5.2-20); el industrial con el 1.77% (ver figura 5.2-21); el turístico con el 1.74% (ver figura 5.2-22) y el comercial con el 1.57% (ver figura 5.2-23).

**Figura 5.2-20** Localización de las áreas verdes urbanas del Subsistema Mixto



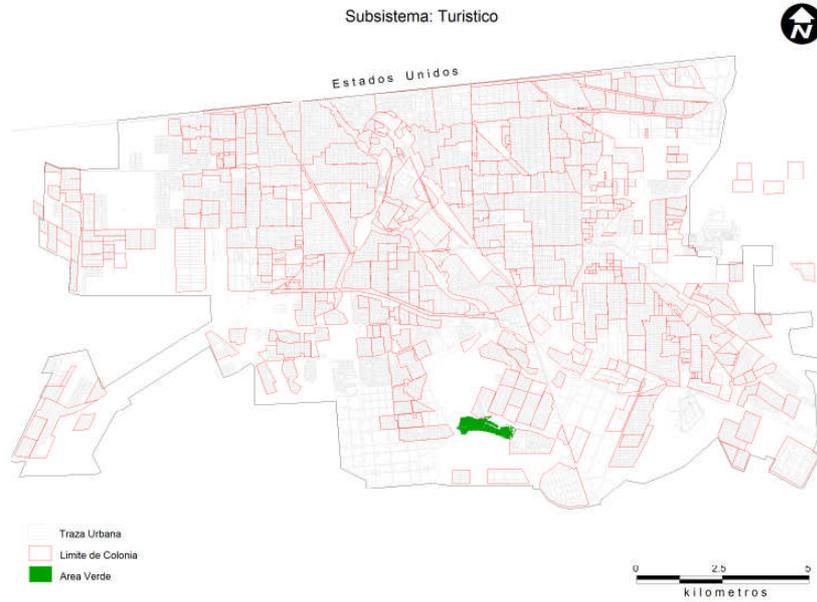
**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 5.2-21** Localización de las áreas verdes urbanas del Subsistema Industrial



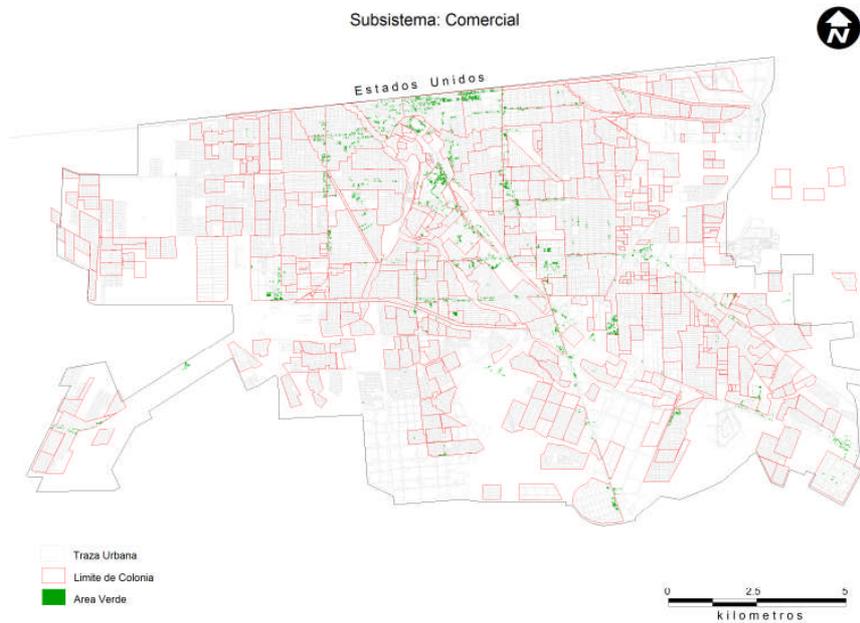
**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 5.2-22** Localización de las áreas verdes urbanas del Subsistema Turístico



**Fuente:** Elaboración propia.

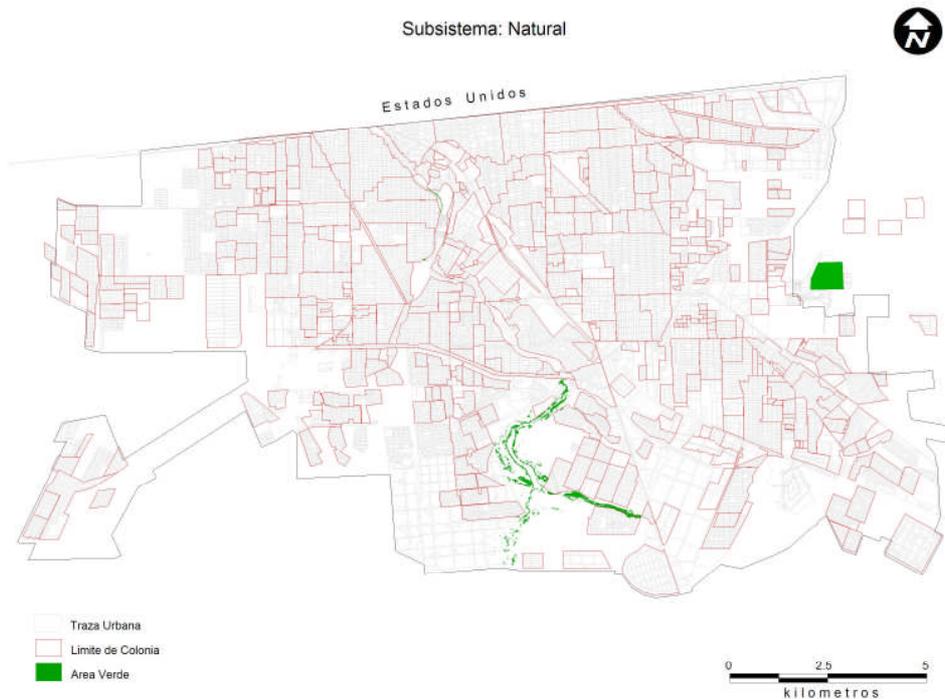
**Figura 5.2-23** Localización de las áreas verdes urbanas del Subsistema Comercial



**Fuente:** Elaboración propia.

Respecto a las áreas verdes potenciales como son los sitios establecidos por ordenamientos jurídicos, se encuentran los definidos en los Programas de Desarrollo de Centro de Población de Mexicali (PDUCPM) para los períodos 2010 (XV Ayuntamiento de Mexicali, 1998) todavía vigente - y el PDUCPM 2025 elaborado por el IMIP (2005) que está en proceso de aprobación - donde ambos coinciden en determinar dos grandes sitios como áreas de conservación que comprenden una superficie de 86.41 ha (que corresponden a la clasificación del Subsistema de Áreas naturales): el cauce del Río Nuevo del Bulevar Terán hacia el sur hasta el límite de la mancha urbana, que integra las lagunas México, Campestre y Xochimilco y un predio al oriente de la ciudad en la Colonia Calles, para la creación del “Bosque Renacimiento” (ver figura 5.2-24).

**Figura 5.2-24** Localización de las áreas verdes urbanas del Subsistema Natural



**Fuente:** Elaboración propia.

Respecto a los sitios no aptos para el desarrollo urbano por sus condiciones físicas como son laderas con fuerte pendiente o áreas de inundación; debido a que la topografía es prácticamente plana en Mexicali sin ninguna formación orográfica y la ausencia de corrientes hidrológicas superficiales, con excepción de la depresión del Río Nuevo, básicamente el único sitio que puede considerarse bajo estas condiciones, es la sección todavía en estado seminatural del Río Nuevo, que ha sido considerada área de conservación, como se menciona líneas arriba.

En resumen, el inventario total de áreas verdes urbanas potenciales y existentes arrojó la cantidad de 15,193.31 ha, distribuidas de la siguiente manera (ver tabla 5.2-4):

**Tabla 5.2-4** Resumen del inventario de áreas verdes urbanas de Mexicali

Áreas verdes potenciales (ha)			Áreas verdes existentes (ha)	Total (ha)
Dentro mancha urbana (a)	Fuera mancha urbana y dentro LCP (b)	Subtotal	Dentro mancha urbana (c)	
86.41	12,299	12,385.41	2,807.90	<b>15,193.31</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

- a) Respecto a las áreas verdes potenciales dentro de la mancha urbana existen 86.41 ha correspondientes al subsistema natural, integradas por el cauce del Río Nuevo y el predio de la Colonia Calles, designadas como áreas de conservación en el Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali, B.C. (XV Ayuntamiento de Mexicali, 1998).
- b) Respecto a las áreas verdes potenciales fuera de la mancha urbana y dentro del límite de centro de población de Mexicali se hallan 12,160 ha correspondientes a las tierras agrícolas Clase 1, y 139.40 ha correspondientes al cauce del Río Nuevo, lo que da un total de 12,299 ha.
- c) Respecto a las áreas verdes existentes dentro de la mancha urbana se identificaron 2,807.90 ha correspondientes a once de los doce subsistemas (se excluyó el subsistema natural porque están consideradas en las áreas verdes potenciales) en que fueron clasificadas los distintos tipos de cobertura vegetal.

#### 5.2.1.4 Inventario de las necesidades sociales de la población

Las necesidades sociales de la población en cuanto a este tipo de espacios son los elementos considerados dentro de los subsistemas de equipamiento urbano de recreación y deporte, estimados con base en los criterios de dotación de la SEDESOL (2001). Para cada uno de estos elementos se determinó la superficie total requerida por módulo, la población atendida por módulo y la superficie de áreas verdes requerida, considerando una población de 680,774 habitantes al 2005, de acuerdo a proyecciones del IMIP (2005), (ver tabla 5.2-5).

**Tabla 5.2-5** Cálculo de necesidades sociales de áreas verdes urbanas para Mexicali, 2005

**SUBSISTEMA : RECREACION**

ELEMENTO	RADIO DE SERVICIO URBANO (m) 1	SUP. TOTAL X MÓDULO (m <sup>2</sup> ) 2	SUP. ÁREAS VERDES (AV) (m <sup>2</sup> ) 3	POBLACIÓN ATENDIDA X ELEMENTO 4	POBLACIÓN USUARIA POTENCIAL 5	CANTIDAD MÓDULOS REQUERIDOS 6	SUP. TOTAL REQUERIDA (m <sup>2</sup> ) 7	SUP. TOTAL REQUERIDA DE AV (m <sup>2</sup> ) 8	OBSERVACIONES
Plaza Cívica	335 a 1,340	21,500	1,740	100,000	100%	1	21,500	1,740	
Juegos Infantiles	350 a 700	5000	1,137	17,500	33%	39	195,000	44,343	
Jardín Vecinal	350	10,000	3,255	10,000	100%	68	680,000	221,340	
Parque de Barrio	670	44,000	26,000	40,000	100%	17	748,000	442,000	
Parque Urbano	30 (km)	800,000	728,000	400,000	100%	1	800,000	728,000	
Área de Ferias y Exposiciones	30 (km)	50,000	9,696	500,000	100%	1	50,000	9,696	
Espectáculos Deportivos	30 (km)	136,000	52,000	500,000	100%	1	136,000	52,000	

**SUBTOTAL**      2,630,500      1,499,119

**SUBSISTEMA : DEPORTE**

Modulo Deportivo	750 a 1,000	23,886	1,737	75,134	60%	9	214974	15633	
Centro Deportivo	1,500	44,833	3,800	451,212	60%	1	44833	3800	
Unidad Deportiva	60 (km)	100,839	12,100	454,265	60%	1	100839	12100	
Ciudad Deportiva	250 (km)	158,060	28,224	1'023,330	60%	1	158060	28224	
Gimnasio Deportivo	1,500	6,375	975	150,000	60%	4	25500	3900	
Alberca Deportiva	1,500	7,500	2,100	150,000	60%	4	30000	8400	
Salón Deportivo	1,000	2,465	377	50,750	60%	13	32045	4901	

**SUBTOTAL**      606251      76958

**TOTAL**      3'236,751      1'576,077

1 Es la distancia promedio que los usuarios potenciales deben recorrer para utilizar los servicios ofrecidos

2 Es la superficie total del predio recomendable que incluye las superficies construidas y espacios exteriores

3 Es la superficie recomendable exclusiva para áreas verdes por elemento

4 Es la población que directa o indirectamente es posible beneficiar por elemento

5 Son los distintos grupos de edad y/o sectores socioeconómicos de la población que pueden aprovechar los servicios

6 Es la cantidad mínima de elementos que se requiere dotar de acuerdo al rango de población y nivel de servicio

7 Es la superficie total por elementos requeridos, resulta de multiplicar 2 por 6

8 Es la superficie total de áreas verdes requerida por elementos, resulta de multiplicar 3 por 6

**Nota:** Cálculos realizados con una población estimada al 2005 de 680,774 habitantes; utilizando EL Sistema Normativo de Equipamiento de SEDESOL

**Fuente:** Elaboración propia con base en los criterios de dotación de SEDESOL (2001b).

Las necesidades sociales en cuanto a espacios recreativos son 263.05 ha y de éstas la demanda de superficie de áreas verdes es de 149.91ha. Respecto a los espacios deportivos, la demanda total se estima en 60.62 ha y de áreas verdes 7.69 ha, resultando un demanda total de áreas verdes de 157.60 ha.

### 5.2.2.- Componente tecnológico

La información y proceso relativos al inventario y caracterización de la cubierta vegetal está descrita en el Anexo 1, en la que se explica el procedimiento y criterios técnicos para la identificación de la vegetación y el tratamiento de imágenes para la integración de un sistema de información geográfica.

Respecto a los aspectos técnicos sobre forestación urbana, en la Guía de Forestación, elaborada por el XVII Ayuntamiento de Mexicali (2003), se encuentra información básica para el cuidado y mantenimiento de 65 especies vegetales.

### 5.2.3.- Componente ambiental

Los tres aspectos ambientales básicos que se revisaron son, por una parte el agua como uno de los factores críticos en zonas áridas, la contaminación y por otra parte las especies vegetales más utilizadas. Respecto al primero se establecen los consumos anuales por tipo de usuario, en particular para el riego de áreas verdes; respecto al segundo aspecto se estiman las emisiones de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a partir del consumo de combustibles del parque vehicular; y respecto al tercero las especies vegetales más utilizadas en espacios recreativos.

Respecto al componente agua, el consumo anual dentro de la mancha urbana fue de 81'777,775 m<sup>3</sup>, con base en la facturación para el año 2003, representando el mayor consumo el uso doméstico 56'465,149 m<sup>3</sup> (69.0%), después el consumo de gobiernos, 7'294,913 m<sup>3</sup> (8.9%) (Incluye las actividades de equipamiento urbano como son escuelas, oficinas de gobierno, descentralizadas y riego de jardines), el sector comercial con un consumo de 7'070,376 m<sup>3</sup> (8.6%) y el sector industrial un consumo de 6'474,728 m<sup>3</sup> (7.9%). En el caso de las áreas verdes y de acuerdo a las tomas registradas para su riego, se tuvo un consumo anual de 341,886 m<sup>3</sup>, que representa un 5% del consumo de gobiernos y el 0.42% del consumo urbano total anual (CESPM, 2004).

En la tabla 5.2-6 se presenta una relación del consumo anual de agua por uso y la clasificación de áreas verdes urbanas por subsistema, haciendo la aclaración que dichos consumos no representan exclusivamente los gastos para riego de áreas verdes (con excepción del subsistema agropecuario y las áreas verdes a cargo del municipio) , sino que incluye los gastos de todas las actividades propias de dicho uso (Por ejemplo, en el uso habitacional, comprende el baño, lavado, riego, agua para beber, etc.), sin embargo se da una idea del consumo de agua por subsistema y de la vegetación asociada a cada uno.

**Tabla 5.2-6** Consumo anual de agua en la mancha urbana de Mexicali por tipo de uso

Sistema	Subsistema	Consumo anual de agua por uso
<b>Á r e a s V e r d e s P ú b l i c a s</b>		
Áreas verdes para el equipamiento urbano	Recreación	7'294,913 m <sup>3</sup> (9.0%) (Gobierno) (De los cuáles 341,886 m <sup>3</sup> son para riego de áreas verdes) <sup>15</sup>
	Deporte	
	Otro tipo de Equipamiento	
Áreas verdes funcionales	Vial	
Áreas verdes naturales y naturales acondicionadas	Natural	No demandan agua de la red
	Acondicionado	No demandan agua de la red
<b>Á r e a s V e r d e s P r i v a d a s</b>		
Áreas verdes productivas	Agropecuario	4'472,609 m <sup>3</sup> (5.5%) <sup>16</sup>
	Industrial	6'474,728 m <sup>3</sup> (7.9%) (Industrial)
	Comercial	7'070,376 m <sup>3</sup> (8.6%) (Comercial)
	Turístico	
Áreas verdes privadas	Habitacional	56'465,149 m <sup>3</sup> (69.0%) (Doméstico)
	Otros de acceso privado	Los consumos de este subsistema están incluidos en otros subsistemas
<b>Total</b>		<b>81'777,775 m<sup>3</sup> (100%)</b>

**Fuente:** Elaboración propia con información de la CESP (2004).

Con respecto al componente de la contaminación, se estimó el volumen de emisiones de CO<sub>2</sub> producido por el consumo de combustibles tanto de gasolina por vehículos automotores como de diesel por camiones, con el objeto de estimar las necesidades ambientales de áreas verdes necesarias para remover el CO<sub>2</sub> producido, considerando que por cada litro de gasolina se emiten 2.27 kg de CO<sub>2</sub> y por cada litro de diesel se emiten 2.81 kg. de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, de acuerdo con los cálculos realizados por el Departamento Forestal Estadounidense, citado por McPherson y Simpson (1999) (ver tabla 5.2-7).

<sup>15</sup> Las áreas verdes consideradas son parques, jardines, camellones y glorietas cuyo riego está a cargo del municipio.

<sup>16</sup> Es una estimación del consumo de agua considerando una superficie agrícola de 543.91 ha, sembrada de forraje Rye-grass, con una lámina bruta de 82.23 cm y 4.79 número de riegos, (un promedio de 8,223 m<sup>3</sup>/ha) de acuerdo a datos proporcionados por CNA (2006).

**Tabla 5.2-7** Estimación de la emisión anual de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por consumo de combustibles<sup>17</sup>

Parque vehicular	Consumo de combustible m <sup>3</sup> /año	Factor de emisión CO <sub>2</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> anuales	Observaciones
278,414 vehículos	808,380 m <sup>3</sup> gasolina	2.27 ton CO <sub>2</sub> / m <sup>3</sup>	1'835,022 ton	Incluye gasolina Magna y Premium
34,638 camiones	253,598 m <sup>3</sup> diesel	2.81 ton CO <sub>2</sub> / m <sup>3</sup>	712,610 ton	
<b>Total</b>			<b>2'547,632 ton</b>	

**Fuente:** SEMARNAP (1999) y factor de emisión de McPherson y Simpson (1999).

Respecto a las especies vegetales más comunes en áreas verdes urbanas, se realizó un muestreo en 18 parques y jardines infantiles (12.4%) de un total de 145 (IMIP, 2005), encontrándose poca variedad de especies vegetales, integradas por árboles, arbustos, cubrepisos y palmas siendo las más utilizadas las siguientes:

Árboles:

- Yucateco (*Ficus microcarpa*)
- Eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis* y *Eucalyptus microtheca*)
- Casuarina (*Casuarina equisetifolia*)
- Fresno (*Fraxinus velutina*)
- Mesquite (*Prosopis chilensis*)
- Algarrobo (*Pithecellobium flexicaule*)

Arbustos:

- Rosa laurel (*Nerium oleander*)
- Carisa (*Carissa grandiflora*)

Cubrepisos:

- Pasto bermuda (*Cynodon dactylon*)

Palmas:

- Palma abanico (*Washingtonia robusta* y *Washingtonia filifera*)

De estas especies, solo el mesquite es una especie nativa del desierto de San Felipe (Coyle y Roberts 1975), el resto son plantas inducidas, situación que demanda mayor mantenimiento particularmente de agua, además de que son mas vulnerables a las condiciones extremas de temperatura como sucede con el yucateco, el cuál sufre

<sup>17</sup> Los datos del parque vehicular y consumo de combustibles datan de 1997 por lo que se incrementaron en 30%, a razón de un incremento aproximado entre 3 y 4% anual.

daños cuando el verano es prolongado con temperaturas arriba de los 48°C o de menos de 2°C, por lo que deberá promoverse el uso de plantas nativas o mas resistentes a las condiciones climáticas.

#### 5.2.4.- Componente financiero económico

El presupuesto para áreas verdes públicas es el que destina básicamente el Ayuntamiento para el mantenimiento de parques, jardines y monumentos, que para el año 2004, se destinó un presupuesto de \$2'210,000 (POE, 2003) para dar mantenimiento a 877,674 m<sup>2</sup> de áreas verdes, integradas por jardines públicos, isletas, triángulos, glorietas, bulevares, camellones y parques, lo que da una proporción de \$2.52 por m<sup>2</sup> de área verde anual (ver tabla 5.2-8).

**Tabla 5.2-8** Elementos y superficies de áreas verdes dependientes del Ayuntamiento de Mexicali

<b>Elementos</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>
Jardines	79,831
Isletas	12,625
Triángulos	7,156
Glorietas	17,940
Bulevares y camellones	378,619
Parques	381,503
<b>total</b>	<b>877,674</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base en información del XVIII Ayuntamiento de Mexicali (2004).

Adicionalmente a este presupuesto, el Ayuntamiento de Mexicali a través de la Dirección de Ecología ha desarrollado programas entre los empresarios para mantener las áreas verdes, como es el de "Adopta una glorietta", ofreciendo incentivos por medio de deducibles de impuestos federales (Vásquez, 2006).

#### 5.2.5.- Componente jurídico-normativo

El marco normativo que concierne a la planificación de áreas verdes urbanas en Mexicali está constituido por diversos ordenamientos jurídicos, que se han agrupado temáticamente en tres grupos: aquellos referentes a aspectos urbanísticos, aspectos ambientales y específicos sobre forestación; y en tres niveles: federal, estatal y municipal.

Respecto a los ordenamientos urbanísticos, se encuentran en el nivel federal: la Ley General de Asentamientos Humanos (DOF, 1993) y la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (DOF, 2003); en el nivel estatal se hallan: la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Baja California (POE, 1994a), Ley de Edificaciones del Estado de Baja California (POE, 1994b), la Ley de Preservación del Patrimonio Cultural del Estado de Baja California (POE, 1995) y el Reglamento de Fraccionamientos del Estado de Baja California (POE, 1971); y en el nivel municipal los principales ordenamientos son: el Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de

Mexicali 2025 (IMIP, 2005) y el Reglamento General de Acciones de Urbanización para el Municipio de Mexicali, Baja California (POE, 2001c).

Respecto a los ordenamientos ambientales, se encuentra en el nivel federal, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (DOF, 1988); en el nivel estatal se hallan: la Ley de Protección al Ambiente para el Estado de Baja California (POE, 2001b) y el Programa Estatal de Protección al Ambiente del Estado de Baja California (Dirección de Ecología, 2003); y a nivel municipal se tiene el Reglamento de Protección al Ambiente del municipio de Mexicali, B.C. (POE, 1997).

Respecto a los ordenamientos particulares sobre áreas verdes se encuentra en el nivel federal, el Sistema Normativo de Equipamiento Urbano (SEDESOL, 2001) y en el nivel municipal se hallan la Guía de Forestación para el Municipio de Mexicali (XVII Ayuntamiento de Mexicali, 2003) y más recientemente el Reglamento de Áreas Verdes para el Municipio de Mexicali (POE, 2005a).

A pesar de existir una cantidad considerable de ordenamientos jurídicos, existen deficiencias en este marco normativo para una adecuada planificación de áreas verdes urbanas. De todos estos ordenamientos, solo uno –el Reglamento de Fraccionamientos del Estado de Baja California - establece la obligatoriedad de dotación de áreas verdes, pero esta obligación es únicamente para los desarrollos habitacionales y presenta la limitación de que dicha dotación es un porcentaje (3%) en función de la superficie vendible, indistintamente del tipo de fraccionamiento y densidad poblacional, lo que produce que en algunos desarrollos con densidades altas, las áreas verdes sean insuficientes.

Por otra parte, el Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali no integra en el diagnóstico un inventario completo y sistematizado de áreas verdes y en las estrategias remite a la elaboración de un plan sectorial de equipamiento, para el cuál no refiere a ningún lineamiento metodológico.

Por último, el Sistema Normativo de Equipamiento Urbano de SEDESOL (2001), establece solo criterios sociales más no ambientales para la dotación de equipamiento, y por otra parte, aunque el Reglamento de Áreas Verdes para el municipio de Mexicali, aporta disposiciones para aumentar la cobertura vegetal, como es el exigir la plantación de un árbol por cada seis cajones en estacionamiento públicos, sigue siendo una disposición limitada y aislada para subsanar el déficit de áreas verdes; además de que dicho reglamento se enfoca a aspectos técnicos de forestación, sin considerar condiciones tan importantes para la vegetación en regiones áridas como es el riego y el reciclamiento de agua.

Por lo tanto, se requiere de adecuar el marco jurídico que promueva la dotación de áreas verdes en función del nivel socioeconómico y densidad poblacional, que considere los valores ambientales de las áreas verdes y no solo las demandas sociales así como que promueva el uso de agua reciclada para riego.

### 5.2.6.- Participación pública

En Mexicali existe una diversidad de organizaciones que pueden participar en el proceso de planificación de áreas verdes urbanas y convertirse en promotores del mismo, como son: Organismos empresariales, asociaciones civiles, asociaciones sociales, clubes de apoyo social, instituciones de educación superior, sindicatos etc. (SEDECO, 2006; XIV Ayuntamiento de Mexicali, 1993).

Por otra parte, existen estructuras administrativas municipales como son los Comités de Planeación para el Desarrollo Municipal (COPLADEM) y los subcomités sectoriales (POE, 2001a), o el Consejo Consultivo Municipal de Planes de Desarrollo Urbano (XIV Ayuntamiento de Mexicali, 1993), que son foros de consulta y participación ciudadana para apoyar la definición de acciones, prioridades y estrategias de programas operativos de la administración municipal, así como también existen reglamentos que promueven la participación ciudadana (POE, 2002)

Sin embargo, a pesar de existir una cantidad considerable de organizaciones y estructuras administrativas que proveen de medios para la participación de la comunidad, la pregunta que surge es: ¿porque no hay una participación ciudadana efectiva en la planificación de áreas verdes urbanas? si la comunidad mexicalense ha demostrado interés por el tema de áreas verdes <sup>18</sup>

Primeramente habría que mencionar que no ha habido un proceso de planificación de áreas verdes urbanas para Mexicali y como se ha mencionado anteriormente, una planificación exitosa requiere por una parte del apoyo social y por otra parte del apoyo político y lo que ha faltado es el liderazgo de las autoridades municipales que gestionen un plan de áreas verdes, instrumentando mecanismos de difusión, promoción y participación de la ciudadanía.

### 5.3.- Análisis y diagnóstico de las áreas verdes urbanas

El análisis y diagnóstico de las áreas verdes urbanas como componentes físicos urbanos se realizaron considerando los m<sup>2</sup> de área verde por habitante por subsistema y la cobertura geográfica de los subsistemas de recreación y deporte, así como también se contrastó la oferta y demanda social y ambiental de este tipo de espacios para determinar el déficit o superávit, y por último se estableció una relación del porcentaje de áreas verdes por colonia con el crecimiento histórico de la ciudad y con niveles de ingreso de la Población Económicamente Activa (PEA) por colonia.

---

<sup>18</sup> Durante los meses de octubre a diciembre del 2004 se suscitó una polémica documentada en el periódico La Crónica, entre el Gobierno del Estado y diferentes organizaciones sociales, gremiales y empresariales, por la intención del Gobierno de vender un predio de 50 hectáreas para la construcción de vivienda que estaba destinado en el Plan de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali 2010 para la creación de un nuevo bosque urbano al oriente de la ciudad.

Analizando los doce subsistemas en los que se clasificaron las áreas verdes urbanas dentro de la mancha urbana, se ha considerado que los subsistemas de Predios baldíos y Agropecuario, no deben contabilizarse a futuro como áreas verdes dado que están designadas como reserva urbana, y serán incorporadas al desarrollo urbano de la ciudad en el mediano o largo plazo. Por lo tanto las áreas verdes urbanas existentes suman un total 1480.68 ha que representan el 7.10% respecto a la superficie de la mancha urbana.

De los cinco subsistemas que integran las áreas verdes públicas, los que atienden básicamente la demanda social de espacios de recreación, son los subsistemas de recreación y deporte (salvo algunos elementos del subsistema otro tipo de equipamiento como son las áreas verdes entorno a edificios educativos de la UABC, Rectoría y CETYS). Estos dos subsistemas en conjunto aportan solo el 2.61% del total de áreas verdes y representan una dotación de 1.10 m<sup>2</sup> de área verde por habitante. (ver tabla 5.3-1).

**Tabla 5.3-1** Porcentajes y m<sup>2</sup> de áreas verdes (AV) por habitante por subsistema de la mancha urbana

Tipo	Sistema	Subsistema	Superficie	(%)	m <sup>2</sup> AV/Hab
P ú b l i c a s	Áreas verdes para el equipamiento urbano	Recreación	444,624.62	1.54	0.65
		Deporte	309,414.32	1.07	0.45
		Otro tipo de equipamiento	1'666,283.91	5.76	2.45
	Áreas verdes funcionales	Vial	2'875,055.53	9.93	4.22
	Áreas verdes naturales y naturales acondicionadas	Natural y acondicionado	864,159.27	2.99	1.27
P r i v a d a s	Áreas verdes productivas	Agropecuario	5'439,174.18	18.79	7.99*
		Industrial	513,198.48	1.77	0.75
		Comercial	455,694.79	1.57	0.67
		Turístico	493,517.70	1.71	0.72
	Áreas verdes privadas	Habitacional	6'379,090.22	22.04	9.37
		Uso mixto	805,651.87	2.78	1.18
		Predios baldíos	8'697,346.82	30.05	12.78*
<b>Total</b>			<b>28'943,211.71</b>	<b>100%</b>	45.52 m <sup>2</sup>

\* Predios considerados como reservas para el crecimiento urbano (IMIP, 2005)

**Fuente:** Elaboración propia.

Al analizar la oferta y demanda social de este tipo de espacios se observa que la dotación es apenas de 1.10 m<sup>2</sup>/hab, mientras que la demanda es de 2.32 m<sup>2</sup>/hab (de acuerdo con los criterios de SEDESOL, 2001b) existiendo un déficit de mas del 50%, que significa un faltante de 1.22 m<sup>2</sup> de área verde por cada habitante. Al analizar por separado los subsistemas, se determina que es el subsistema de recreación el que presenta las mayores carencias de espacios al presentar un déficit de 105.45 ha de áreas verdes, mientras que el de deportes presenta un superávit de 23.24 ha (ver tabla 5.3-2).

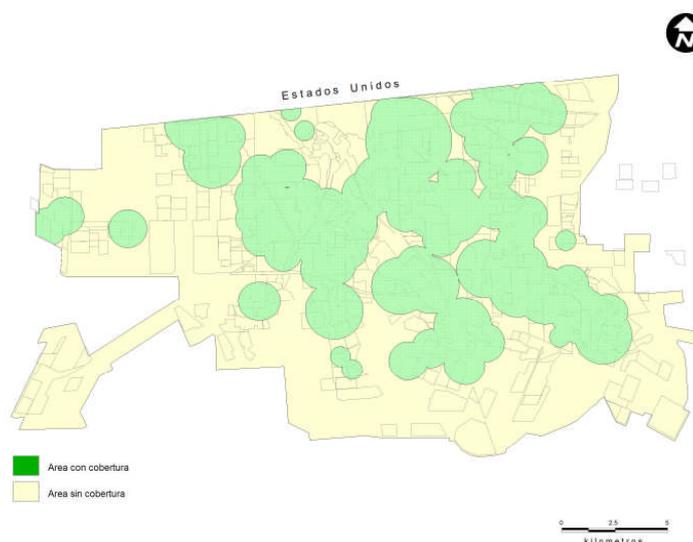
**Tabla 5.3-2** Cálculo de déficit o superávit de las necesidades sociales de áreas verdes, 2005

Subsistema	Oferta (ha)	Demanda(ha)	Déficit o superávit (ha)	Observaciones
Recreación	44.46	149.91	(-) 105.45	<i>Población estimada de 680,774 habitantes al 2005</i>
Deporte	30.94	7.70	(+) 23.24	
<b>Total</b>	<b>75.40</b>	<b>157.61</b>	<b>(-) 82.21</b>	
Relación de m <sup>2</sup> AV por habitante	1.10 m <sup>2</sup> /hab	2.32 m <sup>2</sup> /hab	(-) 1.22 m <sup>2</sup> /hab	

**Fuente:** Elaboración propia.

Al analizar la distribución geográfica de los elementos del subsistema de recreación, con radios de acción a nivel de barrio de acuerdo a los criterios de SEDESOL (2001b) se observa que son las periferias de la mancha urbana las que se encuentran sin cobertura debido primordialmente a que son desarrollos habitacionales recientes (ver figura 5.3-1).<sup>19</sup> Es importante también mencionar que las evaluaciones realizadas han sido cuantitativas, requiriéndose en una etapa posterior una evaluación cualitativa de dichas áreas para determinar su estado actual y en su caso el tipo de acciones de conservación o mejoramiento.

**Figura 5.3-1** Cobertura del subsistema recreativo



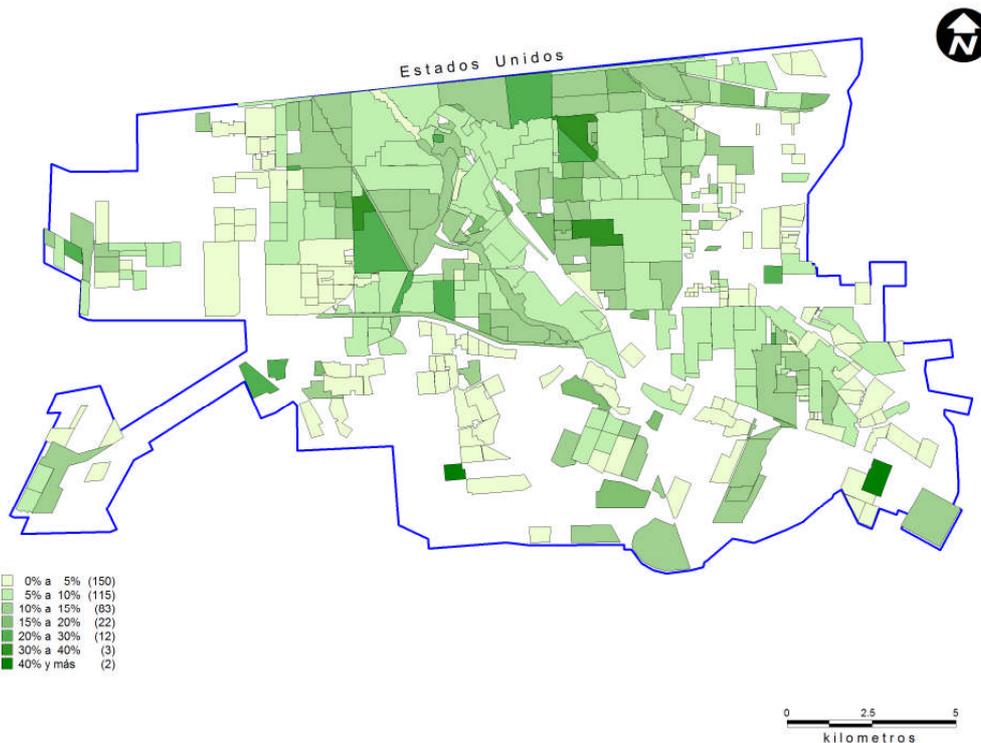
**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>19</sup> El subsistema Deportivo no se analizó de igual manera porque los elementos identificados tienen un radio de acción a nivel ciudad.

A nivel ciudad el porcentaje total de áreas verdes respecto a la mancha urbana es del 7.10 %, lo cuál es bajo, si se compara con el estudio de Nowak et al. (1996) sobre coberturas vegetales en 58 ciudades estadounidenses que establece que aquellos centros urbanos localizados en zonas desérticas tiene en promedio un 10% de áreas verdes, las cercanas a pastizales y climas templados tienen 19% y las cercanas a zonas boscosas y climas fríos tienen en promedio 31% de áreas verdes.

Si se analiza la distribución de la cobertura vegetal por colonias se puede observar una heterogeneidad en Mexicali, en la cuál se pueden establecer siete intervalos: de 0 a 5% están 150 colonias; de 5 a 10% se encuentran 115 colonias; de 10 a 15%, 83 colonias, de 15 a 20%, 22 colonias, de 20 a 30%, 12 colonias, de 30 a 40% 3 colonias y más de 40% solo 2 colonias. De esta manera, se puede concluir que de las 387 colonias<sup>20</sup>, cerca de dos terceras partes (68.45%) tienen una superficie de área verde menor al 10% (ver figura 5.3-2).

**Figura 5.3-2** Porcentajes de áreas verdes por colonia

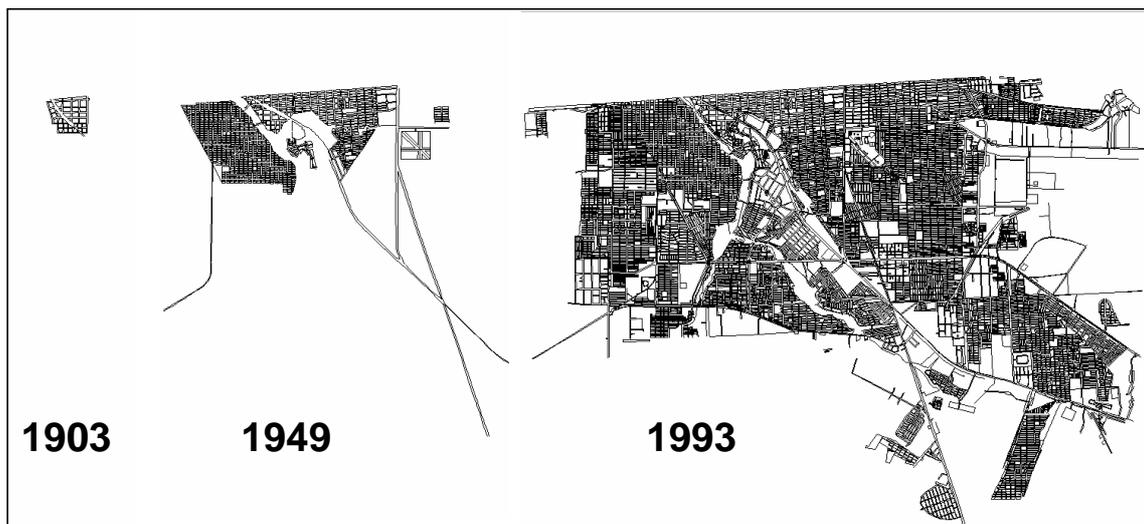


**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>20</sup> La información sobre colonias fue proporcionada por el XVIII Ayuntamiento de Mexicali al año 2005.

Si se analiza la distribución de intervalos de áreas verdes por colonia respecto al crecimiento histórico de la ciudad (ver figura 5.3-3), la cual ha tenido un desarrollo semi-concéntrico a partir de la garita, se puede observar que las colonias con el menor porcentaje de áreas verdes (0 a 5%) se localizan en la periferia de la mancha urbana donde se encuentran los desarrollos habitacionales más recientes y aunque en la zona céntrica de la ciudad se encuentran las colonias más antiguas, existen colonias con rangos de 5 a 10% de área verde debido a que su uso es predominantemente comercial o mixto.

**Figura 5.3-3** Crecimiento histórico de la ciudad de Mexicali



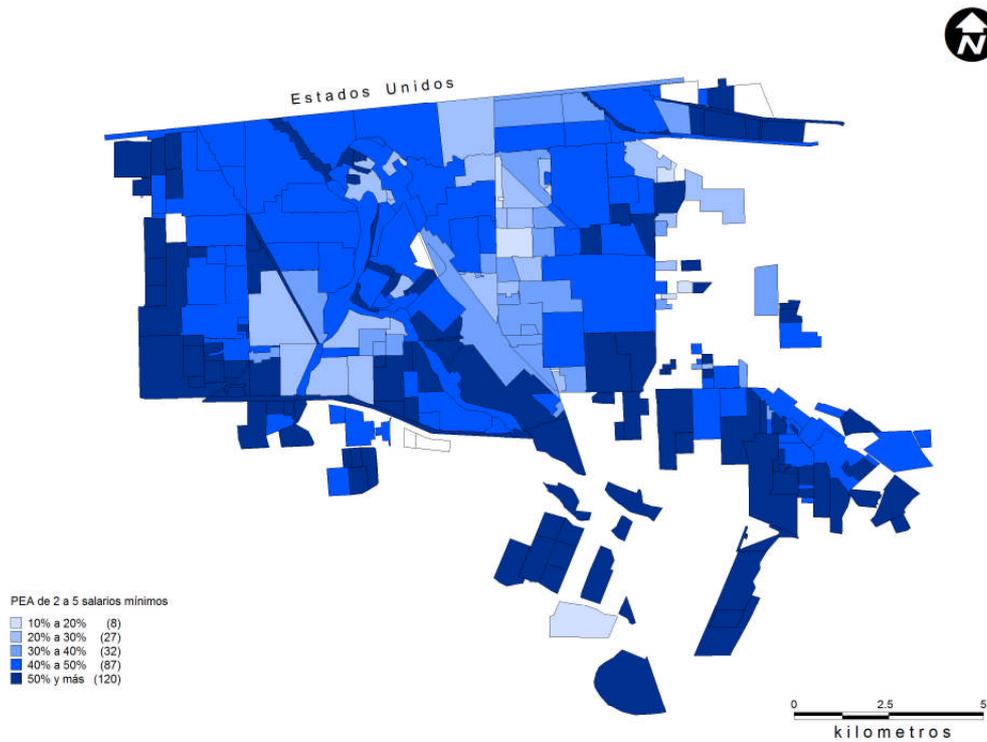
**Fuente:** Elaboración propia con base en información de INEGI, (2000a).

También se analizó por colonia los niveles de ingreso de la PEA, para lo cual se establecieron tres rangos: menos de 2 veces el salario mínimo mensual (SMM), de 2 a 5 veces SMM y más de 5 veces SMM.<sup>21</sup>

El rango de ingresos que resultó más significativo fue de 2 a 5 veces el salario mínimo en el que el 44% del total de las colonias (110 colonias) tienen más del 50 % de su PEA ingresos en dicho rango, localizándose dichas colonias primordialmente en las zonas periféricas de la mancha urbana. El 31% del total de colonias (87 colonias) tienen entre 40 y 50% de su PEA que perciben dicho rango y están localizadas principalmente en las zonas centro y oeste de la ciudad (ver figura 5.3-4).

<sup>21</sup> La información de ingresos se obtuvo del SCINCE por colonias, Baja California INEGI (2000c) y los porcentajes se obtuvieron a partir de dividir la PEA de la colonia en los rangos de ingreso seleccionados, entre la PEA total de la colonia multiplicados por 100.

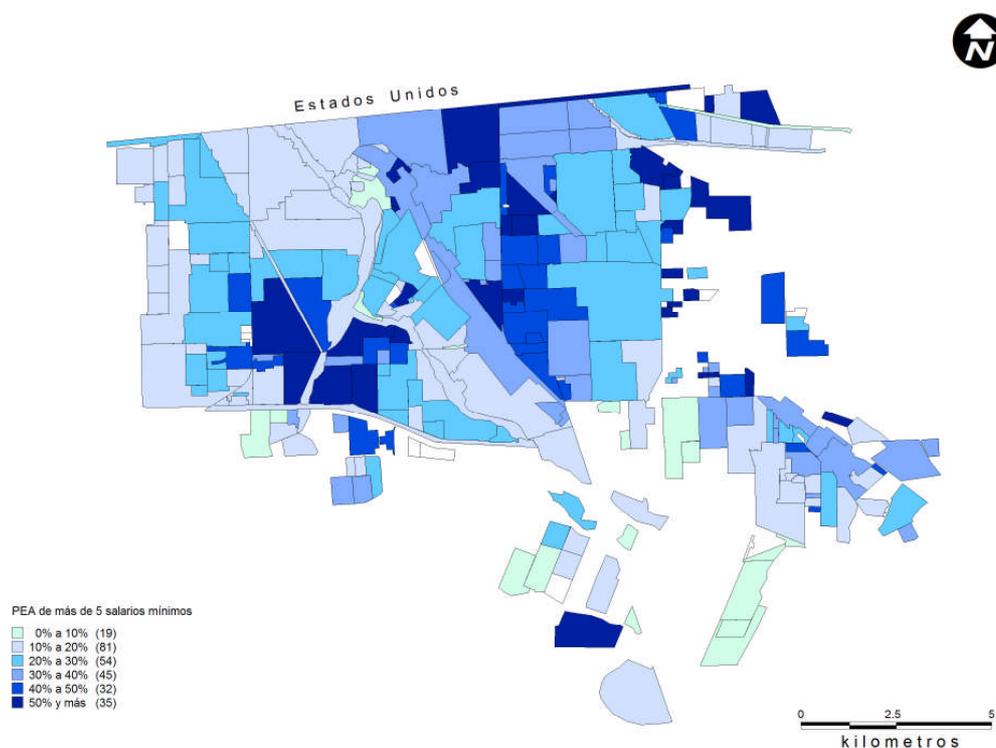
**Figura 5.3-4** Colonias con rangos de PEA que perciben entre 2 y 5 veces el salario mínimo mensual



**Fuente:** Elaboración propia con información de INEGI (2000c).

El segundo rango de ingresos representativo es el de cinco salarios mínimos mensuales y más, en el que el 12 % del total de colonias (35 colonias) tienen más del 50 % de su PEA ingresos en dicho rango, las cuáles coinciden con las colonias residenciales como las Colonias Nueva, Villa Fontana; San Pedro Residencial, Jardines del Valle, Campestre y Cataviñá entre otras. El 11% del total de colonias (32) tienen entre 40 y 50% de su PEA que perciben dicho rango (ver figura 5.3-5).

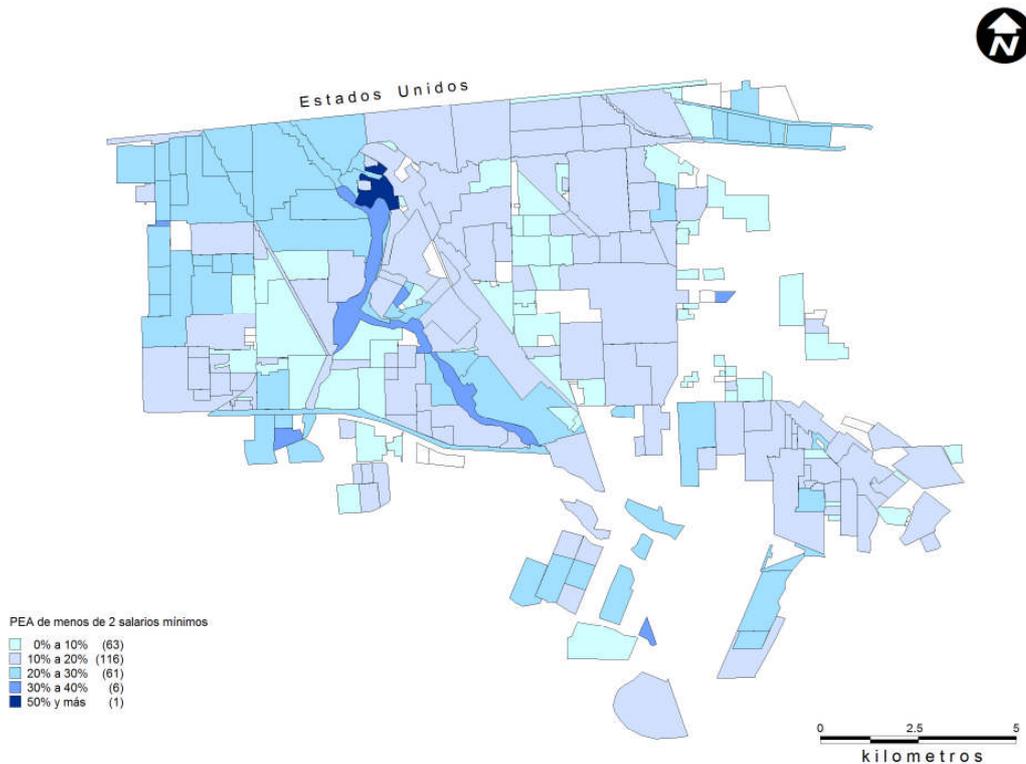
**Figura 5.3-5** Colonias con rangos de PEA que perciben 5 y más veces el salario mínimo mensual



**Fuente:** Elaboración propia con información de INEGI (2000c).

Por último el rango de ingresos menos significativo por colonia, es el de menos de dos veces el salario mínimo mensual, en el que solamente una colonia tiene más del 50% de su PEA con ingresos menores a dos veces el salario mínimo mensual y el 42% de colonias (116 colonias), tiene entre el 10% y 20% de la PEA con ingresos menores de 2 veces el salario mínimo mensual (ver figura 5.3-6).

**Figura 5.3-6** Colonias con rangos de PEA que perciben menos de 2 veces el salario mínimo mensual



**Fuente:** Elaboración propia con información de INEGI (2000c).

En suma, respecto a la distribución de los porcentajes de áreas verdes por colonia y su relación con el crecimiento histórico de la ciudad, usos del suelo y niveles de ingreso, se puede observar que existe una correlación entre los porcentajes más bajos de áreas verdes por colonia (0 a 5 %) y los desarrollos habitacionales de reciente creación que están localizados en la zona periférica de la ciudad y que son mayormente de interés social, en donde predominan los ingresos entre 2 y 5 veces el salario mínimo mensual. Por otra parte en las colonias con los niveles de ingreso más altos, (cinco o más veces el salario mínimo mensual), es donde se encuentran también los porcentajes más altos de áreas verdes (de más del 20% de área verde por colonia). Esta situación se puede explicar en parte por la razón de que en las colonias de interés social los predios son de 120 m<sup>2</sup>, con espacios reducidos para jardines y un nivel de ingreso predominante entre 2 y 5 SMM; mientras que las colonias con mayor porcentaje de áreas verdes corresponde a fraccionamientos residenciales con predios mínimos de 300 o 400 m<sup>2</sup> y con una mayor acceso al agua y capacidad económica para el mantenimiento de jardines.

Respecto al recurso agua como componente ambiental en la planificación de áreas verdes urbanas, la ciudad de Mexicali presenta una situación particular privilegiada, porque aunque se ubica dentro de una zona árida en la que el agua es un recurso escaso, su cercanía a la fuente de aprovisionamiento del Río Colorado le permite disponer- al menos hasta el momento – de agua suficiente y a bajo costo en comparación con las ciudades de la zona costa como son Tijuana, Tecate y Ensenada. Para el caso de las tarifas residenciales en Mexicali el costo del agua es una cuarta parte de lo que cuesta en Tijuana: por ejemplo un consumo mensual de agua en Mexicali de 45 o 50 m<sup>3</sup> representaron en 2004, un costo de \$143.00 y \$170.00 respectivamente (POE, 2003), mientras en Tijuana los mismos consumos representaron \$ 605.00 y \$717.00 respectivamente (CESPT, 2006). Esta situación explica en parte el porcentaje alto de áreas verdes habitacionales, además de que la tarifa por m<sup>3</sup> de agua para uso doméstico es casi una tercera parte mas barata que las tarifas para uso industrial y comercial y no se aplica el impuesto del IVA.

Respecto a la oferta y demanda social y ambiental de áreas verdes, se observa que la oferta de áreas verdes existentes es insuficiente tanto para cubrir las necesidades de espacios recreativos y deportivos, como para remover el CO<sub>2</sub> producido por el parque vehicular (ver figura 5.3-3), requiriéndose en ambos casos complementar con las áreas verdes potenciales (ver figura 5.3-4).

**Tabla 5.3-3** Estimación de áreas verdes (AV) requeridas para absorber CO<sub>2</sub> procedente de la combustión

Producción CO <sub>2</sub> (ton/año) (a)	Superficie de AV requerida (ha) (b)
2'547,632	12'017.13
<b>Total</b>	<b>12,017.13</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

a).- Es la producción de CO<sub>2</sub> estimada con base en el consumo anual de combustibles, de acuerdo a los factores de emisión de McPherson y Simpson, (1999) obtenidos de la tabla 5.2-7

b).- Es la estimación de superficie de área verde necesaria para remover el CO<sub>2</sub> producido por la combustión de combustibles del parque vehicular; a razón de un promedio de 212 ton/ha/año (USDA, 2000).

En el caso del diagnóstico de las áreas verdes desde la perspectiva de su función social la oferta de áreas verdes existentes (75.40 ha) presenta un déficit de un poco más del 50% respecto a la demanda (157.61 ha), el cual se elimina si se integran y desarrollan las 86.41 ha de áreas verdes potenciales, cubriendo la necesidad de dotación de 2.32 m<sup>2</sup> de área verde por habitante.

En relación al diagnóstico desde la perspectiva ambiental, la oferta de áreas verdes existentes (1480.68 ha) es totalmente insuficiente, ya que apenas representan el 10.5% respecto a la demanda total necesaria de 12,017.13 ha de área verde para remover el CO<sub>2</sub> producido por la combustión de combustibles del parque vehicular; pero si se

suman las áreas verdes potenciales (12,160 ha) correspondientes a las tierras agrícolas, se estaría apenas cubriendo las necesidades ambientales, de ahí la importancia de establecer estrategias para conservar las áreas potenciales, sin olvidar que la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub>, requiere de estrategias integrales que involucren al sector del transporte, industrial y de generación de energía eléctrica.

**Tabla 5.3-4** Diagnóstico social y ambiental de áreas verdes (AV)

	Necesidades	Áreas verdes existentes (a)		Áreas verdes potenciales (b)	
		Oferta	Déficit o superávit (g)	Oferta	Déficit o superávit (j)
<b>Función social</b>	157.61 ha 2.32 m <sup>2</sup> AV/hab (c)	75.40 ha 1.10 m <sup>2</sup> AV/hab (e)	(-) 82.21 ha (-) 1.22 m <sup>2</sup> AV/hab	86.41 ha 1.26 m <sup>2</sup> AV/hab (h)	(+) 4.21 ha (+) 0.04 m <sup>2</sup> AV/hab
<b>Función ambiental</b>	12,017.13 ha 176.52 m <sup>2</sup> AV/hab (d)	1,480.68 ha 21.75 m <sup>2</sup> AV/hab (f)	(-) 10,536.45 (-) 154.77 m <sup>2</sup> AV/hab	12,160 ha 178.62 m <sup>2</sup> AV/hab (i)	(+) 142.87 ha (+) 2.10 m <sup>2</sup> AV/hab
<b>Total</b>	12,174.74 ha 178.83 m <sup>2</sup> AV/hab	1,556.08 ha 22.85 m <sup>2</sup> AV/hab	<b>(-) 10,618.66 ha</b> <b>(-) 155.98</b> <b>m<sup>2</sup>AV/hab</b>	12,246.41 ha 179.88 m <sup>2</sup> AV/hab	<b>(+) 71.67 ha</b> <b>(+) 1.05</b> <b>m<sup>2</sup>AV/hab</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

- a).- Comprenden las áreas verdes existentes dentro de la mancha urbana
- b).- Comprenden las áreas verdes potenciales dentro de la mancha urbana y fuera de ella pero dentro del límite de centro de población
- c).- Es la superficie de áreas verdes requeridas de los subsistemas de Recreación y Deporte de acuerdo a los criterios de SEDESOL (2001b) de la Tabla 5.2-5
- d).- Es la estimación de superficie de áreas verdes necesarias para remover el CO<sub>2</sub> producido por la combustión de combustibles del parque vehicular de la Tabla 5.3-3
- e).- Comprenden las áreas verdes existentes de los subsistemas de Recreación y Deporte de la Tabla 5.3-2
- f).- Comprenden las áreas verdes públicas y privadas dentro de la mancha urbana con excepción de los subsistemas Agropecuario y Predios baldíos que son considerados reservas para el crecimiento urbano
- g).- Es la diferencia entre las necesidades y la oferta de áreas verdes existentes
- h).- Comprenden las áreas verdes del subsistema Natural y acondicionado
- i).- Comprenden las tierras agrícolas tipo Clase 1
- j).- Es la diferencia entre las necesidades y la oferta de áreas verdes potenciales

Respecto a la normatividad jurídica se puede establecer, que si bien en los temas urbano y ambiental a nivel estatal desde mediados de la década de los noventa existen leyes que promueven la regulación y adecuado desarrollo urbano, así como la conservación y mejoramiento de la calidad ambiental de los asentamientos humanos, existen ordenamientos que a la luz de las nuevas condiciones del desarrollo sustentable establecidas en diversos programas, deben revisarse y actualizarse, como es el Reglamento de Fraccionamientos del Estado de Baja California, que es el único instrumento jurídico que obliga a la dotación de áreas verdes, pero lo determina en función de la superficie lotificable y no en función de la densidad poblacional, lo que produce espacios insuficientes para la recreación y el deporte en zonas densamente pobladas.

Asimismo, aunque a nivel municipal existe un reglamento y una guía específica sobre áreas verdes, es indispensable también su revisión para incluir aspectos de uso eficiente de agua y reciclamiento del agua para riego, dada las condiciones de aridez en que se ubica Mexicali.

Respecto a los instrumentos técnico-jurídicos como los Programas de Desarrollo Urbano de Centros de Población (PDUCP), requieren de fortalecer sus disposiciones a través de la figura legal de las declaratorias, como lo establece la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Baja California (POE, 1994a), dado que las áreas de conservación establecidas en los PDUCP de Mexicali para los períodos 2010 (XV Ayuntamiento de Mexicali, 1998) todavía vigente - y el PDUCPM 2025 elaborado por el IMIP (2005), fueron disposiciones no respetadas por el propio gobierno estatal, como lo demuestra la polémica suscitada durante los meses de octubre a diciembre del 2004 en los que diferentes organizaciones sociales se manifestaron en contra por la intención del Gobierno de vender un predio de 50 hectáreas para la construcción de vivienda, que estaba contemplado en el PDUCP de Mexicali como reserva ecológica destinada a la creación de un nuevo bosque urbano al oriente de la ciudad (Domínguez, 2004).

Por último, respecto a la participación pública, existe en Mexicali una gran cantidad de organizaciones civiles, sociales, empresariales, de apoyo social, así como instituciones públicas y privadas, que representan un potencial en la instrumentación del proceso de planificación y que deberán ser integrados desde el inicio del mismo. Este proceso requiere del liderazgo de las autoridades municipales para coordinar y aglutinar los esfuerzos e intereses de la ciudadanía entorno a un proyecto común de preservar y acrecentar los espacios verdes.

## **5.4.- Consideraciones para la estructuración de las estrategias**

A partir del diagnóstico realizado, se deberán elaborar programas y formular instrumentos en tres grandes ejes: para la creación, la conservación y el mejoramiento o rehabilitación de las áreas verdes, considerando diferentes escalas urbanas, e integrados en un plan de gran visión con metas a largo, mediano y corto plazo.

Mediante este plan de gran visión se deberá conformar un sistema de áreas verdes que integre los elementos identificados y propuestos en los diversos subsistemas y escalas espaciales de planeación, como son el límite de centro de población y mancha urbana. Este sistema puede estructurarse utilizando criterios de dotación jerárquica de equipamiento urbano de la SEDESOL en el caso de las áreas verdes públicas como son los subsistemas de recreación y deporte y conectándolos con los elementos de otros subsistemas mediante corredores verdes aprovechando el subsistema vial para articular las áreas verdes dentro de la mancha urbana y los elementos naturales fuera de esta.

Este plan de gran visión deberá ser oficializado como un programa sectorial, de acuerdo a la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Baja California (POE, 1994a), en el que se establezcan las prioridades y estrategias, se definan los instrumentos normativos y/o su adecuación que provean la base legal para la operación del plan, se determinen los mecanismos financieros que generen los recursos necesarios para la instrumentación de las acciones, así como los medios para la colaboración de la comunidad.

Las escalas y plazos del plan deberán ser en tres niveles: en el largo plazo y a nivel del centro de población, se definirán los programas y metas para reservar aquellos espacios verdes con valor ecológico, paisajístico, productivo, histórico o recreacional; por medio de políticas y acciones institucionales dentro del proceso de la planificación urbana.

En el mediano plazo y a nivel de la mancha urbana, el plan deberá contener los programas de acciones y metas para conformar el sistema de áreas verdes dentro la estructura urbana de la ciudad.

Por último, el plan deberá establecer los programas a corto plazo, que establezcan las acciones inmediatas en zonas o sitios específicos.

Las políticas y programas se establecerán en tres grandes direcciones:

- a) Las que van dirigidas a la creación e incremento de nuevas áreas verdes.
- b) Las que van dirigidas a la conservación y protección de áreas existentes.
- c) Las que van dirigidas al mejoramiento o la rehabilitación de áreas abandonadas o deterioradas que requieren acciones para su recuperación, para lo cual deberán determinarse los instrumentos normativos, financieros, técnicos y de participación pública para su realización, planteados de una forma integral, como se esquematizan en la figura 3.4-1 (Capítulo 3)

#### 5.4.1.- Creación de áreas verdes urbanas

Para la creación de nuevas áreas urbanas y en referencia a los instrumentos jurídicos, deberán aplicarse con base en la normatividad actual las declaratorias de destino para reservar aquellos predios designados con uso de conservación, antes de que la presión del crecimiento urbano los incorpore con otro uso. Así mismo deberá actualizarse la normatividad urbana para el desarrollo habitacional con nuevos criterios para la dotación de áreas verdes, incorporando consideraciones de densidad poblacional y no exclusivamente de superficie vendible. Asimismo, deberá promoverse que en las nuevas áreas verdes públicas el riego sea con agua reutilizada.

Con relación a los instrumentos financieros, los diversos mecanismos propuestos como son el sistema de transferencia o compra de derechos de desarrollo urbano, la aportación de áreas de donación, etc. requieren de una adecuación en los programas de desarrollo urbano, ya que los sistemas de transferencia funcionan bajo la lógica del

mercado, la regulación del gobierno y la aceptación de la sociedad; lo cual seguramente requerirá de adecuaciones también al marco normativo.

Respecto a los instrumentos técnicos, es indispensable que una vez que estén realizadas las declaratorias de destino de los predios de conservación o designadas las nuevas áreas verdes de fraccionamientos, se elaboren sus planes de manejo o proyecto de diseño urbano respectivamente. Así mismo, para dar seguimiento al inventario y creación de nuevas áreas se podrán construir indicadores de áreas verdes urbanas.

Referente a la participación pública, la colaboración de los Comités de Vecinos en el caso de áreas verdes sin desarrollar en los fraccionamientos habitacionales, puede ser muy efectiva bajo la coordinación de la autoridad municipal, por lo que deberá darse difusión al proyecto entre la comunidad desde el inicio y promover su participación en el cuidado y mantenimiento de dichas áreas, promoviendo una cultura ambiental y de protección de las áreas verdes urbanas.

#### 5.4.2.- Conservación de áreas verdes urbanas

La conservación de áreas verdes urbanas existentes en buen estado, requieren desde el punto de vista normativo, la observancia y aplicación del Reglamento de áreas verdes tanto en los espacios públicos como los privados, y en los casos que se tenga que remover la vegetación, supervisar que solo sea bajo circunstancias especiales y bajo la supervisión de la autoridad municipal, el derribo o poda de cualquier árbol.

Para conservar las áreas verdes naturales en el cauce del Río Nuevo, como son la Laguna México y Laguna Xochimilco, y protegerlas de la presión del crecimiento habitacional, deberán realizarse planes parciales que controlen la densidad y usos del suelo circundantes a dichas áreas, con el propósito de minimizar el impacto del desarrollo urbano.

Con relación a los instrumentos financieros, deberá complementarse el presupuesto que otorga el municipio a la conservación de áreas verdes existentes a través de impuestos especiales y patrocinios.

En este rubro las tierras agrícolas Clase 1 merecen atención especial, las cuales son los pulmones de la ciudad desde el punto de vista ambiental, por lo que deberán de establecerse impuestos diferenciales para retardar el mayor tiempo posible su incorporación al desarrollo urbano, así como examinar en coordinación con otras dependencias, el uso de fondos para el pago de servicios ambientales, como podría ser el Fondo Mexicano de Carbono (FOMECAR)<sup>22</sup> destinado a reducir la emisión de gases

---

<sup>22</sup> A partir de la firma del Memorando para el diseño y puesta en marcha del Fondo Mexicano de Carbono (FOMECAR) por SEMARNAT, BANCOMEXT y Banco Mundial el 11 de septiembre de 2006, se crea un instrumento de asistencia técnica y en materia de financiamiento, para promover el desarrollo de proyectos de bonos de carbono, con acciones para revertir los efectos adversos del cambio climático (SEMARNAT, 2006a).

con efectos adversos a la atmósfera o el patrocinio de empresas para captura de carbono, como lo señala Soto-Pinto et al. (2002) en el caso de Chiapas y Oaxaca<sup>23</sup>.

De igual manera que con la creación de áreas verdes, deben de difundirse todas aquellas acciones tendientes a la conservación de áreas verdes urbanas para crear una cultura ambiental y establecer compromisos con las diversas organizaciones y asociaciones en la ciudad.

#### 5.4.3.- Rehabilitación o mejoramiento de las áreas verdes

A partir del diagnóstico cualitativo de las áreas verdes públicas se deberán establecer programas institucionales para rehabilitar áreas deterioradas o abandonadas a través de guías de forestación y/o acciones para el mejoramiento de la infraestructura y mobiliario.

Con relación a los mecanismos financieros, el municipio deberá gestionar mayores patrocinios con empresas y particulares, buscar fuentes de financiamiento alternativas como el recientemente creado Fondo Mexicano del Carbono (FOMECAR) así como ampliar el presupuesto gubernamental, para el mejoramiento de áreas verdes.

La rehabilitación o mejoramiento de sitios específicos requiere de proyectos de diseño paisajístico y asesoría técnica que puede ser brindada por personal del municipio o por medio de instituciones educativas y prestadores de servicio social.

---

<sup>23</sup> En 1997 la Federación Internacional de Automóviles de Fórmula Uno, compró bonos de captura de carbono en Chiapas (5,500 ton C anuales) a un precio de US\$ 10.00 la tonelada de carbono capturada, estimada en función del número de árboles plantados, como parte de un nuevo mercado internacional de servicios ambientales derivado de la necesidad de reducir a escala mundial las emisiones de gases que contribuyen al "efecto invernadero".

## **6.- CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN**

En este capítulo se establecen las conclusiones de la tesis, se discuten conceptos y resultados y se hacen reflexiones acerca de los factores claves en la planificación de las áreas verdes urbanas y la corroboración de las hipótesis.

### **Áreas verdes, teorías y modelos en la configuración de la ciudad**

Una de las premisas de las que parte este estudio es considerar que las áreas verdes poseen diferentes valores sociales, ambientales y económicos lo que favorece su desempeño como elementos importantes en la configuración de las ciudades, por lo que se analizó como han sido referenciadas las áreas verdes en las teorías y modelos urbanos.

De esta manera, se revisaron diversas teorías y modelos referentes a la configuración urbana, encontrándose que las formulaciones al respecto pueden agruparse en dos tipos: el primer grupo corresponde a las teorías analíticas que tratan de explicar el crecimiento urbano y los patrones de localización de las actividades de la población (representadas por usos del suelo) en la estructura urbana; y el segundo corresponde a las formulaciones de tipo propositivo para la conformación de la ciudad.

Las conclusiones al respecto son que las áreas verdes urbanas no figuran en las teorías o modelos analíticos que explican la estructura urbana de las ciudades y por lo tanto no son modelables - aunque esto no implica que no sean importantes en los modelos propositivos – lo cual se puede deber a diversas causas:

1. Una de ellas puede ser por la fragmentación de las áreas verdes en la ciudad, que al no formar áreas homogéneas o agregadas como los usos

habitacionales, industriales o comerciales, no se convierten en usos dominantes a nivel urbano, por lo tanto no son significativas; solo el caso de los grandes parques metropolitanos, o cuando son unidades morfogenéticas naturales que dan origen a formas importantes en el plano de la ciudad, como los lechos de ríos,

2. A nivel de barrio o colonia las áreas verdes son un típico componente agregado, que surge al amparo de otros usos, como es el habitacional; a nivel de distrito se identifican solo cuando se presentan conjuntamente como una concentración de servicios de equipamiento; y a nivel urbano como los grandes parques metropolitanos suelen estar determinados generalmente por un antecedente histórico importante o por un rasgo físico natural sobresaliente.
3. Otra razón es que generalmente los elementos construidos o artificiales (vivienda, industria, comercio) son componentes constantes en la estructura urbana mientras que los elementos naturales, como ríos y cañadas que pueden representar áreas verdes naturales con una presencia fuerte y significativa en la estructura urbana, no son considerados en los modelos, por ser fortuitos en la conformación de las ciudades.
4. Una razón más, puede obedecer a que las áreas verdes concebidas como parques de barrio o urbanos son consideradas como equipamiento y su localización está más influenciada por políticas gubernamentales que por condiciones propias del mercado, que es la base de varias teorías y modelos examinados en los procesos de estructuración de la ciudad.
5. Una causa más, puede deberse a que no obstante sus ventajas ambientales e incluso económicas, éstas han sido marginales debido a su baja rentabilidad económica que comúnmente han presentado.
6. Por último, otra razón puede ser que cuando se desarrollaron la mayoría de los modelos y teorías analizadas no era relevante la concepción ambiental en el desarrollo de las ciudades, como lo es hoy en día; o que la percepción de su función estaba más relacionada con disciplinas de las ciencias naturales que con el urbanismo.

Sin embargo, si bien las áreas verdes en los modelos o teorías urbanas no han sido elementos determinantes en la explicación de los “porqués” del crecimiento de las ciudades y/o los patrones de localización de las actividades de la población, paradójicamente, al menos en los dos últimos siglos, las áreas verdes representadas por parques, han sido elementos importantes en los modelos propositivos de la planificación y diseño urbano de las ciudades, como lo demuestran las propuestas de parques públicos del inglés John Nash en 1810 y el estadounidense Andrew J. Downing en 1848 (Laurie, 1983); de Ebenezer Howard en 1902 con la Ciudad Jardín (Osborn, 1974) o más recientemente, Schjetnan (1984), Corral y Becker (1989) o Ainstein (2001).

En este sentido, es importante considerar que la localización de las áreas verdes como componentes del equipamiento urbano de la ciudad que proveen un servicio recreativo, deben responder, como lo señala Kunz (1983) a la necesidad de

proximidad de los usuarios, que a su vez es consecuencia de la frecuencia de uso, especialización y naturaleza del mismo, cuyas escalas o niveles de atención, pueden ir desde el nivel vecinal, que son servicios de alta frecuencia de uso y atienden a los habitantes de un barrio; nivel local, que son más especializados, se requieren con menos frecuencia y por lo mismo se está dispuesto a viajar más para obtenerlos; nivel regional que son aquellos cuyos radios de influencia abarcan un sector o área extensa de la ciudad, a la que se asiste ocasionalmente y nivel Metropolitano que son servicios altamente especializados, únicos o casi únicos en la ciudad, lo que puede suponer grandes desplazamientos para su obtención. Sin embargo, en la dosificación y localización de estas áreas verdes debe pensarse que más que la suma de las partes de cada nivel, el beneficio se puede maximizar o potenciar cuando se desarrollan como un sistema de componentes conectados, que interactúan, se interrelacionan y que son interdependientes.

### **Tipología de áreas verdes urbanas**

Respecto al concepto de áreas verdes urbanas, tradicionalmente en el contexto nacional, los instrumentos jurídicos normativos de carácter federal, estatal o municipal, han asociado dichas áreas exclusivamente con su función social al concebirlas como espacios dedicados básicamente a la recreación y el deporte, ignorando sus valores ambiental y económico; esto ha conducido a que en los estudios y Programas de Desarrollo Urbano de Centros de Población de Mexicali (PDUCPM) se consideren exclusivamente las diversas categorías de parques; siendo que existen sitios con vegetación como los cementerios que pueden tener un valor ambiental también o como los huertos familiares o viveros que tienen un valor económico, por lo que la definición propuesta trata de ser amplia e incluyente de todo tipo de áreas con vegetación, independientemente de su carácter, origen o función; ya que todas las plantas tienen al menos la aportación ambiental de remover el bióxido de carbono y no son excluyentes con las otras funciones sociales y económicas.

Por lo tanto, para establecer un concepto de área verde urbana en este estudio se consideraron dos criterios, por una parte las tres funciones urbanas que pueden desempeñar (ambiental, social y económica) y por otra el procedimiento para identificarlas.

La definición y tipología propuesta consideraron experiencias del ámbito internacional y del marco legislativo nacional, adecuándola a las condiciones de Mexicali. En este sentido, la propuesta original se retroalimentó cuando se realizó la aplicación de Mexicali a nivel de subsistema, dado que el subsistema habitacional estaba considerado inicialmente como un elemento dentro del subsistema "otros de acceso privado" para pasar a ser un subsistema y por otra parte los elementos que se incluyeron se ajustaron a los existentes en la ciudad.

Es necesario resaltar que el inventario de áreas verdes de acuerdo a la tipología y caracterización propuesta es un aspecto de vital trascendencia en dicha planificación, ya que de esta información depende todo el proceso. Mi apreciación de los últimos cuatro Programas de Desarrollo Urbano de Centros de Población de Mexicali, es que no existe certidumbre de los datos presentados además que nunca se explicitan los criterios para diagnosticar las áreas verdes. Por mencionar un ejemplo en el PDUCPM 2025, se identifican como áreas verdes los

jardines del edificio de Rectoría que es un espacio público, pero no se identifican los del campus universitario que también son un espacio público, pero en cambio aparece el campo de golf Campestre que es un espacio privado.

### **Sustentabilidad y áreas verdes**

Con respecto a la sustentabilidad hay que destacar dos situaciones: una concerniente a su concepción y otra referente a su operatividad. Respecto al concepto del Desarrollo sustentable, a partir de que surgen los principios fundamentales en 1987, ha habido diversos foros de discusión donde este concepto ha sido ampliamente debatido, dando como resultado diversas definiciones, interpretaciones y formas de apropiación. En el discurso oficial el concepto se ha manejado como un paradigma a seguir y hasta cierto punto, el éxito de dicho concepto presente en infinidad de literatura se ha debido a su apropiación por parte de diversos grupos tanto del sector público, como del sector privado y los que representan la sociedad civil, llegando inclusive a veces a abusar retóricamente del concepto. Sin embargo, una de las preocupaciones centrales y comunes de varios autores u organismos en el contexto urbano, ha sido como trascender del concepto a la operatividad concreta del mismo considerando la compleja realidad de las ciudades.

En este sentido se han realizado diversos esfuerzos y acciones para la instrumentación del Desarrollo sustentable a nivel internacional (United Nations, 1999) y nacional (INEGI, 2000), sin embargo, existen autores como Sánchez (2002) que menciona que en la práctica el concepto ha sido poco operativo, porque no ha llegado a identificarse con la realidad que pretende modificar; otros autores como Ramirez (2005) lo califican como una utopía de la crisis post-industrial en una forma compleja, mas sin embargo señala que esto no significa que no se deba luchar por alcanzarlo, sino por el contrario considerarlo como un reto hacerlo realidad.

Bajo estas consideraciones, es importante enfatizar que las áreas verdes urbanas no crean por sí solas la sustentabilidad pero, si contribuyen a satisfacer las demandas sociales de la población en términos de recreación y deporte, a mejorar la imagen urbana y a ser un medio educativo; así mismo a crear ambientes urbanos mas limpios, convertirse en sumideros para las emisiones de bióxido de carbono, así como reducir los consumos de energía eléctrica o agregar valor a las propiedades, estaremos hablando de que pueden contribuir en la construcción del Desarrollo sustentable.

En este sentido, la propuesta de indicadores de sustentabilidad de áreas verdes que se realiza en este capítulo, son una forma de dar seguimiento a la contribución que pueden hacer las áreas verdes al Desarrollo sustentable y por lo tanto son la base en la metodología propuesta para diagnosticar y definir un criterio de dotación de áreas verdes urbanas para Mexicali considerando en la dimensión social, la cantidad de áreas verdes por habitante y densidad por tipología; desde la perspectiva ambiental, las emisiones de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) como un gas de efecto invernadero y la cantidad de CO<sub>2</sub> absorbido por la vegetación y desde la perspectiva económica, el presupuesto asignado para áreas verdes y el consumo de combustible por habitante y tipo de vehículo.

Con relación al impacto que la vegetación puede tener en el ciclo del carbón y su contribución en la reducción del efecto invernadero y el cambio global climático es necesario mencionar que existen posturas y opiniones controvertidas. Por una parte, la mayoría de los autores examinados como: Apps (2003), Birdsey (1992), Brandle et al. (1992), Nowak (1994)], McPherson y Johnson (1998), Metz et al. (2005) y organizaciones internacionales como la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE, 2005), el Grupo intergubernamental de expertos sobre cambio climático (IPCC, 1996) y las Naciones Unidas (United Nations,1999) afirman, que el aumento de los gases de efecto invernadero es producto de la actividad humana lo que ha llevado al calentamiento global del planeta y en donde -entre otras medidas- la vegetación puede ser un sumidero eficiente para capturar el CO<sub>2</sub> y contribuir a aminorar dicho efecto.

Sin embargo, existen otros autores como Hamilton (1991), Jaworowski (1997 y 2003), Stocker (1999) y Zeng (2003), que argumentan que los cambios climáticos reflejan un curso natural de eventos planetarios, que son reorganizaciones del sistema atmósfera-océano cuya periodicidad va desde decenas de millones a unos pocos años y por lo tanto las oscilaciones en el clima, lentas o abruptas son fluctuaciones normales del proceso dinámico de la tierra pero que los humanos no estamos acostumbrados a dichos cambios porque durante los pasados 5000 años el clima ha sido estable y que la reorganización climática abrupta mas reciente ocurrió aproximadamente hace 8200 años (Alley et al. 1997 citado por Stocker,1999).

Seguramente seguirán desarrollándose futuras investigaciones que puedan arrojar más certidumbre sobre este fenómeno, sin embargo, asumiendo que los cambios climáticos puedan ser producto en primera instancia de los procesos naturales del planeta, de cualquier manera se deben preservar los recursos naturales y no propiciar el aumento de los gases efecto invernadero, porque éstos pueden acelerar dicho proceso y sus efectos negativos para futuras generaciones. Además hay que enfatizar que las áreas verdes no solo contribuyen al mejoramiento ambiental por capturar CO<sub>2</sub> sino que tienen múltiples funciones ambientales –además de las sociales y económicas- como son mejorar el microclima urbano, ayudar a tener una calidad del aire mejor por su aportación de oxígeno y captura de partículas de polvo e indirectamente a reducir los consumos de combustibles fósiles, con lo cual se esta contribuyendo al desarrollo sustentable.

Para la operatividad de este concepto, es importante considerar como lo refiere Sánchez (2002), que el Desarrollo sustentable no es un estado final sino un proceso; un proceso multidimensional y de mediación entre intereses y necesidades sociales, económicas y ambientales, en el que su operación trasciende el terreno técnico del manejo ambiental debiendo afirmarse a través de la mediación política y participación social; como un proceso multiespacial, porque los sistemas urbanos tienen diferentes escalas no sólo al interior de la ciudad sino también como interfase con procesos nacionales y globales por lo que al conservar y mejorar el ambiente local, estaremos conservando y mejorando el ambiente global y viceversa; y como un proceso actual y de largo plazo porque busca no únicamente un estado de mayor equidad en las generaciones actuales sino también para las generaciones futuras.

Por último, es importante remarcar con relación al Desarrollo sustentable y la planificación de áreas verdes urbanas, que una de las condiciones primordiales para el éxito de su operatividad, es que debe ser un proceso planificado y ejecutado por

los propios sujetos del desarrollo, es decir que las políticas deben emanar del nivel local, en donde la autoridad municipal tome el liderazgo y coordine, promueva y asegure la participación ciudadana como una condición indispensable en dicho proceso, entendida ésta más allá de la consulta pública y más como la integración de la ciudadanía en la toma de decisiones y la implementación de acciones, que conlleve finalmente a una concientización de la población en la creación y conservación de las áreas verdes.

### **Enfoques, métodos y procesos en la planificación de áreas verdes urbana**

Al revisar los antecedentes de los diversos procesos y métodos para la planificación de áreas verdes en el contexto internacional y nacional se concluye que las políticas y acciones en el país son resultado de un proceso de decantación de las políticas internacionales, pero con décadas de atraso.

Así por ejemplo a partir del parteaguas del inicio de la política ambiental marcada en los setenta con la promulgación de la National Environmental Policy Act (NEPA) en 1969 en los Estados Unidos y la Declaración en 1972 del Día Mundial del Medio Ambiente en Estocolmo en la Conferencia Mundial de Naciones Unidas, transcurren prácticamente 18 años para que en México se cree una normatividad que proteja al ambiente como fue la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en 1988, posteriormente pasan otros cuatro años mas para que a nivel estatal se apruebe la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Baja California en 1992 y finalmente en 1997 se crea el Reglamento de Protección al Ambiente para el Municipio de Mexicali, B.C., en total 25 años para hacer operativa una política desde la escala global hasta la local.

En el contexto de la planificación de áreas verdes urbanas, existe una situación similar; desde 1986 El Consejo de Europa realiza recomendaciones para los Estados Miembros sobre la regulación del tratamiento de los espacios verdes; en 1987 aparece en el Reporte de la Comisión de Actividades al Aire Libre de los Estados Unidos el concepto de “Greenway” o vías verdes; en ese mismo año aparecen publicaciones de autores que reexaminan las condiciones sociales y ambientales de las ciudades como David Nicholson en “The Greening of the Cities” que se enfoca al manejo del espacio abierto urbano; sin embargo en el caso de Mexicali es hasta el 2005 cuando se crea el Reglamento de Áreas Verdes para el Municipio de Mexicali.

Es importante reconocer, que se han realizado avances en el país, en el Estado de Baja California y en el Municipio de Mexicali en materia normativa y de políticas relativas a la conservación del medio ambiente, sin embargo con relación a áreas verdes se lleva un atraso con respecto a las iniciativas en otros países y no necesariamente de países desarrollados, dado que en plano latinoamericano, en Venezuela desde 1998 existen reglamentos (Ordenanzas) de áreas verdes a nivel municipal (Consejo Municipal de Baruta, 1998), en Colombia se han instrumentado observatorios urbanos en varias ciudades con indicadores de áreas verdes desde el 2001 (Ministerio de Medio Ambiente, 2003), y en Chile se han implementado Planes Verdes a nivel urbano desde el 2003 (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2003); mientras que en México no ha habido este tipo de iniciativas, por lo que es indispensable tomar la iniciativa a nivel municipal e incorporar la planificación de áreas verdes como un elemento prioritario en el proceso de planificación urbana.

## La planificación de áreas verdes en zonas áridas

Planificar las áreas verdes urbanas en regiones áridas enfrenta por su condición ambiental un reto adicional a otras regiones -como pueden ser las del trópico húmedo- que es la escasez de agua. Sin embargo la situación de Mexicali en este sentido es “sui generis” y diferente a otras ciudades en regiones áridas, ya que se encuentra rodeada de un gran valle agrícola y dada su cercanía a la fuente principal de abastecimiento -el Río Colorado- el suministro a nivel urbano es constante y el costo del agua es más barata que el resto de las ciudades del estado.

Baja California a pesar de ser un estado rodeado de agua presenta escasez de este vital líquido por la condición de aridez, y como la oferta no se puede incrementar-al menos en el corto plazo- y la demanda es creciente, existe ya un déficit que está siendo cubierto a través de la sobreexplotación de acuíferos, el cual se estima que para el año 2035 podría sobrepasar los 300 Mm<sup>3</sup> anuales (CEA, 2003).

Bajo este escenario, la pregunta obligada es ¿Cómo poder promover el aumento de la superficie de áreas verdes urbanas que requieren de agua para su función y mantenimiento sin detrimento de otros usos que también la requieren?

La solución no es simple y requiere de políticas integrales que competen a diversos sectores y niveles de gobierno, pero la clave está en la búsqueda de un equilibrio entre la oferta y la demanda para alcanzar un uso más sustentable del recurso, lo que requiere en el corto y mediano plazo de estrategias tendientes a disminuir dicha brecha a través de acciones de ahorro y uso más eficiente del agua que permitan el abasto de las diversas actividades.

Por el peso proporcional que tiene el uso de agua para fines agrícolas (91%), el ahorro de agua en la agricultura es una de las estrategias más importantes que permitirían liberar volúmenes para aumentar por una parte la superficie de riego y por otra abastecer la creciente demanda urbana. Esas estrategias comprenden acciones como la nivelación de tierras, mejoramiento de la infraestructura, el uso de tecnologías ahorradoras de agua y el cambio a cultivos de bajo consumo, entre otros.

Si hubiera por ejemplo un ahorro del 5% del agua utilizada para fines agrícolas que es del orden de los 2,944 Mm<sup>3</sup> anuales (CEA, 2003), pudiera haber un excedente de 147.2 Mm<sup>3</sup> anuales, que representa el 60% de la demanda anual de todas las poblaciones urbanas del estado y cuyo volumen sobrepasaría la capacidad de almacenamiento que tienen las presas en el Estado que es de 127.4 Mm<sup>3</sup>.

En el caso del uso del agua a nivel urbano, las políticas deberán enmarcarse dentro de un marco normativo que incentiven el ahorro y graven el desperdicio, por lo que se deberá promover para el sector doméstico programas de concientización y ahorro para evitar el desperdicio y disminuir el consumo per cápita; para el sector industrial y comercial promover la adaptación de técnicas con menores consumos de agua y aprovechamiento de las aguas residuales tanto en sus procesos como en el mantenimiento de sus espacios verdes; el sector gubernamental podría iniciar programas de intercambio de agua potable por agua residual tratada para el riego de áreas verdes públicas, mejorar sus sistemas de riego, así como realizar acciones

de eficientización en sus edificaciones. Por otra parte deberá promoverse una mayor utilización de plantas propias de la región y bajo consumo de agua.

Respecto a las estructuras institucionales y operacionales, no obstante que desde 1992 el municipio incorporó en sus funciones administrativas las actividades de planificación urbana y en el 2003 creó el Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana (IMIP), lo cual representa un avance en la planeación urbana municipal, no se ha generado ninguna iniciativa particular para la planificación de áreas verdes urbanas.

Por último, respecto a los instrumentos jurídicos y la participación ciudadana, existen a nivel federal, estatal y municipal los fundamentos legales que definen las diversas formas de participación de la ciudadanía ya sea de manera individual u organizada, sin embargo ha faltado el liderazgo de las autoridades municipales para promover y coordinar los esfuerzos e interés de colaboración de la población a través de programas para la creación y conservación de las áreas verdes urbanas.

### **Propuesta metodológica.**

Un problema en la planificación de áreas verdes urbanas en Mexicali es que tanto en la normatividad federal, estatal y municipal relativa a aspectos urbanos y ambientales así como en las políticas incluidas en los Programas de Desarrollo Urbano de Centro de Población y programas ambientales, se establece en relación a las áreas verdes, el “Que” pero no el “Como”, y por otra parte las acciones emprendidas por el municipio y la comunidad al respecto, han sido parciales y aisladas y no como parte de un proceso de planificación integral.

De ahí, esta propuesta metodológica busca integrar los diferentes agentes que aseguren una adecuada planificación, a partir de los criterios, enfoques y procesos llevados a cabo en otros países para la planificación de áreas verdes urbanas, pero también considera y se adecua a las condiciones jurídicas normativas, tecnológicas, ambientales, financieras y de participación pública que presenta Mexicali, a efecto de darle viabilidad a la propuesta.

Es necesario mencionar que esta propuesta se inserta en el sistema de planificación urbana, estatal y municipal, pero también marca las adecuaciones que deben realizarse para su instrumentación, partiendo de que el desarrollo sustentable requiere el rediseño de políticas, marco institucional y normativo, así como modificar actitudes y patrones de consumo.

Es importante destacar que en el caso del diagnóstico del componente ambiental, en relación a las emisiones de bióxido de carbono por el consumo de combustibles así como la absorción del mismo por diversos tipos de vegetación, son diversos los criterios, estudios e índices al respecto, por lo que en este estudio se decidió aplicar los índices que oficialmente utilizan las dependencias Estadounidenses, bajo dos consideraciones: que finalmente son estimaciones y deben ser utilizados como un referente para la toma de decisiones y que se requieren estudios específicos acordes a las condiciones de nuestro país.

Sin embargo, la incorporación de este componente es una aportación en la metodología porque los criterios de dotación de áreas verdes urbanas se han

realizado siempre considerando su función social recreativa-deportiva, pero no considerando sus servicios ambientales como elementos que ayudan a fijar el CO<sub>2</sub>, purificar la atmósfera y coadyuvar a reducir el efecto invernadero.

Si bien los datos de este diagnóstico no son exactos, pueden servir como criterio para conservar áreas naturales, áreas productivas o establecer criterios para definir la extensión y características del límite de centro de población; sin embargo es fundamental insistir en que las áreas verdes por sí solas no resolverán los problemas de carácter ambiental sino van acompañadas de políticas integrales que contemplen acciones para la reducción de las emisiones de contaminantes.

### **Aplicación en Mexicali B.C.**

El desarrollo de la aplicación de la metodología propuesta para la ciudad de Mexicali, estuvo sujeta finalmente por el nivel de especificidad y actualización de la información proporcionada por las diferentes dependencias o instituciones.

En este sentido, para el inventario de las áreas verdes fue una fortuna poder contar con imágenes de satélite multiespectrales con resolución de 2.6 m, porque permitió identificar con gran precisión en viviendas, vialidades, camellones, etc. superficies mínimas de vegetación hasta de 6 m<sup>2</sup> (Igual a una copa de un árbol chico) llegando a identificar dentro de la mancha urbana cerca de 200,000 polígonos. Otra de las grandes ventajas es que con el índice de vegetación NDVI que registra la actividad fotosintética de las plantas se registraron efectivamente las superficies con vegetación y no como aparecen en los Programas de Desarrollo Urbano que son los predios designados como parques o jardines públicos pero que en la realidad pueden estar desprovistos de vegetación lo que conlleva a una sobrevaloración de dicha superficie. Pero ¿Cómo caracterizar esa enorme cantidad de polígonos? Ese fue el problema mayor, la caracterización de las áreas verdes. Por lo que este proceso obligó a instruirme en el manejo Sistemas de información Geográficos como el IDRISI y MapInfo y desarrollar un procedimiento propio como se establece en el anexo1.

Para caracterizar las áreas verdes identificadas, se siguieron diversos procedimientos que al principio fueron de “ensayo-error” dado que no se encontró bibliografía específica al respecto. Primero se trató de asociar con el paquete MapInfo, las bases de datos que había proporcionado por una parte el municipio sobre isletas, camellones, parques y jardines públicos y por otra parte el inventario de equipamiento educativo proporcionado por Gobierno del Estado; lo cuál fue un trabajo muy laborioso porque había que identificar elemento por elemento, pero además solo representaba la caracterización parcial de 4 de los 11 subsistemas propuestos para tipificar las diferentes áreas verdes.

Posteriormente, utilizando las herramientas de MapInfo se realizaron mapas temáticos construidos a partir de intervalos de superficies de los diferentes polígonos con los cuales se podían inferir algunos de los tipos de subsistemas por el gran tamaño de los predios, como son el Agropecuario y el de Predios baldíos, pero sin una certeza, lo que obligaba a su verificación predio por predio en campo o con la imagen de satélite, resultando en una tarea nuevamente demasiada laboriosa.

Por último, se recurrió al plano de diagnóstico de suelo urbano de Mexicali, elaborado por el Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana (IMIP) (2005) que contenía diez tipos de usos del suelo, el cual se trabajó con el paquete de Autocad por capas y se fue sobreponiendo a los polígonos de áreas verdes, obteniendo de esta manera las áreas verdes para cada uso del suelo y ajustándolos finalmente a la tipología propuesta de áreas verdes por subsistema.

Otro de los problemas que enfrentó el estudio fue la diferencia de fechas de la información. La imagen de satélite era del año 2003, los inventarios del municipio y Gobierno del Estado de 2004 y el Diagnóstico de Suelo Urbano de 2005; por lo que se decidió ajustar la información al 2005. Afortunadamente se consiguió un imagen de satélite con una resolución de 0.60 cm del 2005, con la cual se identificaron las áreas verdes más recientes de la periferia, la población se proyectó al 2005 y se utilizó finalmente la información del IMIP del 2005.

La clasificación por subsistema fue muy útil para determinar las áreas verdes existentes permanentes, para no cometer el error de contabilizarlas en el total porque los subsistemas de "Predios baldíos" y "Agropecuario" son considerados reservas urbanas, lo que significa que aunque representan casi la mitad del total de áreas verdes, no pueden conservarse como tales porque finalmente se incorporaran al desarrollo urbano.

Respecto a las cantidades y porcentajes de áreas verdes en los espacios públicos y privados, se observa una gran desproporción; por una parte la oferta de espacios públicos para la recreación y el deporte (2.61%) no cumple con los criterios mínimos de SEDESOL (2001) de dotar 2.32 m<sup>2</sup> de área verde por habitante, existiendo solamente una oferta de 1.10 m<sup>2</sup>/hab con un déficit de 1.22 m<sup>2</sup>/hab; y por otra parte en los espacios privados, las áreas verdes habitacionales representan el 22.04%, que significa en promedio 9.37 m<sup>2</sup>/hab.

Esta situación de escasa dotación de áreas verdes públicas puede obedecer a diversos factores: por una parte a la falta de recursos del municipio para su mantenimiento o a la falta de organización vecinal para la creación y conservación de dichos espacios, a la normatividad vigente en la que el 3% de donación de área verde no es suficiente para cubrir todas las necesidades sociales de la población y/o por falta de una política gubernamental que valore este tipo de espacios y los desarrolle como elementos esenciales de la ciudad.

Por otra parte el que haya prácticamente casi 9 veces más vegetación en las viviendas que en los espacios públicos recreativos y deportivos puede deberse a que los desarrollos habitacionales son en su mayoría unifamiliares, que el costo del agua es relativamente barato, y que culturalmente nos preocupamos más por tener mejor conservado lo propio que lo público y compartido.

Esta situación obliga a reflexionar en el sentido de que estrategias generales o únicas de forestación para toda la ciudad son inoperantes, porque cada subsistema de áreas verdes tiene sus propias características, por lo que si bien puede haber políticas generales, los programas para la creación, conservación y mejoramiento de áreas verdes deberán ser estratificados y adecuados para cada subsistema.

Otro punto a considerar, es que las áreas verdes son elementos urbanos que van desarrollándose con el tiempo, por lo que existe una correlación entre la antigüedad del asentamiento y la densidad de área verde, como lo demuestra el análisis de la cobertura de elementos recreativos (figura 5.3-1) y los porcentajes de áreas verdes por colonia (figura 5.3-2), en los que se observa que las zonas periféricas de la ciudad son las que tienen menor cantidad de área verde; por lo que esta condición junto con el de la población de menores ingresos, deben ser factores a tomarse en cuenta para el establecimiento de prioridades en los programas de acción, para estar acorde con el principio de equidad que establece el desarrollo sustentable.

Respecto a la estimación de emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles, es importante remarcar que los datos presentados son estimaciones, pero dan una idea de su magnitud; la producción estimada anual es de 3.74 ton de CO<sub>2</sub> por persona, que es una cantidad considerable pero muy por debajo de las emisiones producidas en ciudades estadounidenses como la ciudad de Sacramento, California, que tiene una producción estimada anual de 14.16 ton de CO<sub>2</sub> por persona (Nowak, 1994); sin embargo al respecto, deberán establecerse políticas integrales para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, dado que la vegetación por si sola es incapaz de remover dichas emisiones.

Con relación al componente tecnológico y la utilización de un sistema de información geográfica (SIG) para crear una base de datos confiable y sistematizar la información de las áreas verdes urbanas de Mexicali, debo subrayar que existe un gran potencial en dicha herramienta para hacer análisis mas detallados que sirvan no solo para realizar propuestas específicas de forestación sino también para aportar datos que auxilien en la regionalización de los índices nacionales de dotación de áreas verdes e inclusive a nivel intraurbano por tipo de subsistema, al poder determinar rangos de cobertura vegetal (alta, promedio y mínima) por área geográfica (colonia), por habitante y por uso de suelo, con lo cual se podrían definir también criterios para la adecuación del marco jurídico normativo.

Por ejemplo, en el caso del uso habitacional la donación exigida de áreas verdes es un porcentaje fijo del 3% sobre el área vendible (POE, 1971) independientemente del tipo de desarrollo, pero pudieran establecerse índices diferenciados por tipo (Residencial, medio, interés social y popular) y densidad poblacional. Si se parte de que a nivel urbano el promedio de áreas verdes en vivienda es de 9.37 m<sup>2</sup>/hab y de 2.32 m<sup>2</sup>/hab para equipamiento urbano, se podría establecer éste como criterio de dotación de áreas verdes. Así en el caso de vivienda multifamiliar la dotación mínima para áreas verdes públicas sería de 2.32 m<sup>2</sup>/hab y se incrementaría en función de la densidad poblacional, para compensar las áreas verdes que no tienen las viviendas, con el objeto de crear una cobertura vegetal amplia y equilibrada en la ciudad.

Referente al nivel de análisis y diagnóstico que se llevó a cabo debo mencionar que de las cuatro escalas jerárquicas definidas -Región, ciudad, barrio y edificación- para las áreas verdes, esta aplicación se ubicó en el nivel ciudad-colonia, porque no se pretendía hacer un plan ni llegar a propuestas de diseño a nivel de sitio, sino validar y retroalimentar la propuesta de planificación. Sin embargo, la puesta en práctica de la metodología requiere que todos los niveles y fases sean necesarios desarrollarlos hasta llegar a nivel de edificación o sitio, que es donde se realiza la gestión e instrumentación de los programas.

Con relación a la escala regional, en la que se deben identificar las áreas verdes potenciales y reservarlas antes de que el desarrollo urbano las absorba, la definición de cuenca y subcuenca hidrológica fue un criterio adecuado, sin embargo en el caso de Mexicali su aportación fue limitada, dada la topografía casi plana y la ausencia de elementos hidrológicos.

Respecto a las hipótesis planteadas se corrobora que efectivamente la dotación de áreas verdes en ciudades ubicadas en zonas áridas enfrenta retos importantes impuestos por las condiciones geográficas ambientales como son suelos pobres, clima extremo y escasez de agua, sin embargo en el caso de Mexicali este último factor no es una limitante fuerte todavía debido a la disponibilidad del recurso y cercanía a la fuente de abastecimiento principal del Río Colorado.

Acerca del proceso de planificación de áreas verdes urbanas en Mexicali ciertamente es desintegrado y parcial, no cuenta con un inventario confiable, no existe una diversificación de fuentes de financiamiento, existen los instrumentos jurídicos para la participación de la comunidad pero no se han promovido los espacios de interacción por parte de las autoridades municipales, y el marco normativo requiere adecuarse para dar cabida al rediseño de políticas urbanas y nuevos instrumentos financieros para el desarrollo urbano.

Con relación al criterio nacional de dotación de áreas verdes de 10 m<sup>2</sup> por habitante evidentemente es inadecuado para Mexicali, ya que de acuerdo a la demanda social estimada se requieren 2.32 m<sup>2</sup>/hab pero con base en las necesidades ambientales estimadas para remover el CO<sub>2</sub> producido por el parque vehicular, se demandan 176 m<sup>2</sup>/hab de área verde. Esto implica -entre otras acciones- una regionalización de los criterios de dotación que conlleve la redefinición de las áreas verdes, como se propuso en la tipología de áreas verdes, dado que en la normatividad actual se refiere preponderantemente a las áreas verdes de carácter público, y asimismo una reconsideración acerca de las áreas verdes entorno al centro urbano.

En suma, el tema de áreas verdes es indispensable que se revalore dentro del proceso de planificación urbana, que las autoridades municipales tomen el liderazgo y las reconozcan como elementos imprescindibles en las ciudades por su contribución al mejoramiento de la calidad en los centros urbanos y a la sustentabilidad de los mismos, que se consideren como una inversión a largo plazo y no como un gasto en el corto plazo, que se haga partícipe a la sociedad en las estrategias y programas para la creación y mejoramiento de áreas verdes y crear una conciencia ambiental para preservarlas, trátense éstas de árboles, arbustos, plantas nativas o cualquier tipo de vegetación; porque siempre hay que tener presente que un árbol es de alguna manera de todos, disfrutan de él no solo su propietario sino todos los que lo ven y los que reciben de una u otra manera sus beneficios vitales.

## Bibliografía

**Ahern J.** (1995) Greenways as planning strategy, *Landscape and Urban Planning* 33: 131-155

**Ahern J.** (2005). *Theories, methods and strategies for sustainable landscape planning*, In: Tress, B., Tress, G., Fry, G., Opdam, P. (eds.) 2005 From Landscape Research to Landscape Planning: Aspects of Integration, Education, and Application. Wageningen UR Frontis Series, Volume 12. Springer: Dordrecht, Berlin, Heidelberg. Consultado en <http://www.la.wisc.edu/publications/silbernagel.htm>.

**Ainstein, L.** (2001), *Estructura urbana y accesibilidad social a servicios de transporte: el caso del aglomerado Buenos Aires*. VI Congreso Internacional del Clad Sobre Reforma del Estado y de la Administración Pública. Buenos Aires, Noviembre de 2001, consultado en: [www.econ.uba.ar/www/institutos/economia/ceped/publicaciones/2001](http://www.econ.uba.ar/www/institutos/economia/ceped/publicaciones/2001)

**Andersson E.** (2006). Urban landscapes and sustainable cities. *Ecology and Society* 11(1):34. Consultado en <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/is1/art34>

**Apps M.J.** (2003) *Forests, the global carbon cycle and climate change*. Documento sometido en la XII World Forestry Congress, 2003 Québec City, Canadá. Consultado en: <http://www.fao.org/DOCREP/ARTICLE/WFC/XII/MS14-E.HTM>

**Arredondo V.J.A.** y **Peña S.C.A.** (2005), *Retos de la educación y formación profesional del planeador regional ante la sustentabilidad* en Rojas C.R.I. (Ed). Planeación urbana y regional: Un enfoque hacia la sustentabilidad, Universidad Autónoma de Baja California y Plaza y Valdes. México, 151-191 pp.

**Arreola, D.** y **Curtis J.R.** (2003), *The Mexican Border Cities, Landscape Anatomy and Place Personality*. USA: The University of Arizona Press, Tucson & London.

**Asociación Europea de Vías Verdes** (1998), *Guía de Buenas Prácticas de Vías Verdes en Europa*, Madrid, España, consultado en: <http://www.aevv.egwa.org>

**Associazione Italiana Greenways** (1998), *Organizzazione Non Lucrativa di Utilità Sociale*. Consultado en: <http://users.unimi.it/~agra/ingag/greenways/italian/associazione.htm>

**Ayuntamiento de Allende**, Nuevo León, (2002), *Reglamento del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Municipio de Allende, Nuevo León*. (2002). Dado en el salón de sesiones del R. Ayuntamiento de Allende, Nuevo León, el día jueves 14 del mes de febrero del 2002

**Bailey R.G.** (2006). *Ecosystem Patterns and Their Relevance to Research and Management*. USA. USDA Forest Service Rocky Mountain Research Station, consultado en [http://www.fs.fed.us/rm/analytics/publications/Research\\_applications\\_of\\_ecosystem\\_patterns.pdf](http://www.fs.fed.us/rm/analytics/publications/Research_applications_of_ecosystem_patterns.pdf)

**Beer, A.R.** (2000) The need for Greenstructure Planning in the UK. En *Green Structures and Urban planning. European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research - COST Action C11*. Consultado en <http://www.map21ltd.com/COSTC11/sheffield-case.htm>

**Bernhardt, E.A. & Swiecki T. J.** (2001), Guidelines for Developing and Evaluating Tree Ordinances. *Phytosphere Research*, Vacaville. USDA Forest Service. Consultado en: <http://www.yorku.ca/carmelca/3740/readings/urban%20forests/guidelines%20for%20tree%20ordinances.pdf>

**Birdsey, R.** (1992), *Carbon storage and accumulation in United States forest ecosystem*. Gen.Tech.Rep. WO-GTR-59 Radnor, P.A: Northeastern Forest Experiment Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture; 51p

**Bordes-Pagès, E.** (2002), Public, Living and City Spaces Public spaces & green space plans: An avant-garde combination. Consultado en: [http://www.iaurif.org/en/doc/studies/cahiers/cahiers\\_133/uk\\_PARTIE%20II\\_C133.134\\_MIDM.pdf#search='Elisabeth%20BordesPag%C3%A8s](http://www.iaurif.org/en/doc/studies/cahiers/cahiers_133/uk_PARTIE%20II_C133.134_MIDM.pdf#search='Elisabeth%20BordesPag%C3%A8s)

**Borgström S.T., Elmqvist T., Angelstam P., Alfsen-Norodom C.** (2006). Scale Mismatch in Management of Urban Landscapes. *Ecology and Society* 11(2):16 consultado en: <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss2/art16>

**Botequilha, A. and Ahern, J.** (2001), *Greenways and Biodiversity Planning*. English version of the original paper in Portuguese, referenced with the title " Corredores verdes e su Planeamento da Biodiversidade" in J.R. Machado et.al (Editores). Consultado en [http://alfa.ist.utl.pt/~cvrm/projects/probio/publicacoes/Botequilha%20Leitao%20and%20Ahern%202001\(s\).pdf](http://alfa.ist.utl.pt/~cvrm/projects/probio/publicacoes/Botequilha%20Leitao%20and%20Ahern%202001(s).pdf)

**Botequilha, A. and Ahern, J.** (2002). Applying landscape concepts and metrics in sustainable landscape planning. *Landscape and Urban Planning* 59:65-93

**Brandle, J.R. T.D. Wardle and G.F. Bratton** (1992), Opportunities to increase tree planting in shelterbelts and the potential impacts on carbon storage and conservation in : Sampson, R.N. and D. Hair. *Forests and Global Change, Vol.1 Ch. 9 American Forests*, Washington D.C.

**Bravo M.A., Borja F., C. Montes, y Díaz del Olmo. F.** (1998) *Clasificación jerárquica y cartográfica de ecosistemas* en Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, Reconocimiento Biofísico de Espacios Naturales Protegidos Doñana: una Aproximación Ecosistémica, consultado en <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web/menuitem.a5664a214f73c3df81d8899661525ea0/?vgnnextoid=5e468ab30f767010VqnVCM1000000624e50aRCRD>

**Breheny M. y Rookwood R.** (1993). *Planeación de la Ciudad-Región Sustentable* en Blowers H. (1993) *Planning for a Sustainable Environment*. London, Earthscan Publication Ltd.

**Buchanan R. y Reyes E.** (2006), EU Cierra la llave, TODO PARA LOS AMERICANOS, en *la Jornada, UNAM*. Consultado en <http://www.jornada.unam.mx/2006/02/13/secara.html>

**Butterworth, I. M and Fisher T. A. (2000),** *Urban Environmental Education: A Community Psychology Perspective*. Published in Environment-behaviour research on the Pacific Rim: Proceedings of the 11th International Conference on People and Physical Environment Research, 367-376. Sydney, Australia: University of Sydney (2000). Consultado en:  
[http://www.dhs.vic.gov.au/phd/localgov/downloads/urban\\_env\\_ed.pdf](http://www.dhs.vic.gov.au/phd/localgov/downloads/urban_env_ed.pdf)

**Carleer,, A. y Wolf E. (2004),** Exploitation of Very High Resolution Satellite Data for Tree Species Identification. En *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. Vol.70, No.1, January 2004, 135-140.

**Cascadia Consulting Group (2000),** *Seattle Urban Forest Assessment: Sustainability Matrix*, Submitted to the Urban Forest Coalition, City of Seattle, September 2000. University of Washington

**CEA (Comisión Estatal del Agua) y Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano (2003),** *Programa Estatal Hidráulico 2003-2007*, Baja California. Septiembre 2003

**Centro de Apoyo al Desarrollo Rural (2005),** *Estadística Agrícola La Hechicera y Cerro Prieto*, Secretaría de Fomento Agropecuario del Gobierno del Estado de Baja California.

**CESPM (Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali) (2004),** Información proporcionada por la Subgerencia de proyectos

**CESPT (Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana) (2006),** CESPT tarifas, consultado en:  
<http://www.cespt.gob.mx/cespt/drvisapi.dll?Mlval=v2002/varios/tarifas.html>

**Cheltenham Borough Local Plan (1997),** Urban Green Environment. Adopted December 1997 consultado en:  
<http://www.cheltenham.gov.uk/libraries/documents/thefuturepdf/local%20plan%201997/urbanangreenenvironment.pdf>.

**City of Tucson (1998),** The Livable Tucson Vision Program (Online) consultado en:  
<http://www.ci.tucson.az.us/livable.html>

**Cliff, T. (1982),** *Paisaje Urbano*, Editorial Blume, Madrid España

**Cobo, W. (1998),** *Participación pública en la arborización urbana* en Krishnamurthy L. y J. Rente Nascimento (Eds) (1998) *Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe*. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. México. 109-138

**Coles, R.W. & Bussey S.C. (2000),** Urban Forest Landscapes in the UK- Progressing the Social Agenda, *Landscape and Urban Planning*, 52 (2000) 181-188.

**Congreso del Estado de Baja California (1998) ,** *Versión de Comparecencia de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas del Estado, celebrada por la Comisión de Hacienda y Administración de la Honorable XV Legislatura Constitucional del Estado Libre y Soberano de Baja California*, el día veintinueve de abril de mil

novecientos noventa y ocho. Consultado en:

[http://www.congresobc.gob.mx/debates/1998xv/Abr.\\_del\\_98/2904981/2904981.html](http://www.congresobc.gob.mx/debates/1998xv/Abr._del_98/2904981/2904981.html).

**Coyle, J & Roberts N.C.** (1975), *A field guide to the common and interesting plants of Baja California*. Natural History Publishing Co. California USA.

**CNA** (Comisión Nacional del Agua) (2004), Distrito de Riego 014, Río Colorado, salinidad por CNA(FAO): profundidad 0-30 cm. General de salinidad. Gerencia Regional de la península de Baja California, Subgerencia Regional de Infraestructura Hidroagrícola. Plano escala 1:100,000, diciembre 2004.

**CNA** (Comisión Nacional del Agua) (2006), Distrito de Riego 014, Río Colorado, Gerencia Regional de la península de Baja California, Jefatura de Operación. Avance de superficies y volúmenes realizados para el año agrícola 2005-2006.

**CNANP** (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) (2007), Decretos de Parques Nacionales. Consultado en: <http://www.conanp.gob.mx/anp/pn.php>

**Consejo Municipal de Baruta** (1998), *Ordenanza de Áreas Verdes* publicada en la Gaceta Municipal a los veinticuatro (24) días del mes de septiembre de mil novecientos noventa y ocho (1998). Venezuela. Consultado en: [www.galeon.com/asopradohumboldt/legal.htm](http://www.galeon.com/asopradohumboldt/legal.htm)

**Corral y Beker, C.** (1989), *Lineamientos de diseño urbano*. Editorial Trillas. México. 1ª. Edición.

**Costello, L.R.** (1993), Urban Forestry: A new Perspective. *Arborist News*. April, 33-36.

**De Groot, R.S.** (1994), *Environmental functions and the economic value of natural ecosystems* pp. 151-168 in Investing in Natural Capital: The Ecological Economics Approach to Sustainability. Island Press, Washington, DC.

**DigitalGlobe** (2005), An imagery and Information Company, Consultado en: <http://www.digitalglobe.com/>

**DigitalGlobe** (2007), imagen obtenida de Google Earth, Consultado en: <http://earth.google.com/>

**Dirección de Ecología** (2003) *Programa Estatal de Protección al Ambiente del Estado de Baja California*, Gobierno del Estado de Baja California

**DOF** (Diario Oficial de la Federación) (1945), *Tratado Relativo al Aprovechamiento de las Aguas de los Ríos Colorado y Tijuana, y del Río Bravo (Grande) desde Fort Quitman, Texas hasta el Golfo de México*". Secretaría de Relaciones Exteriores. Base de Datos de Tratados, del 30 de octubre de 1945, firmado el 3 de febrero de 1944 en Washington. Consultado en: <http://tratados.sre.gob.mx/cgi-bin/imagenes.exe>)

**DOF** (Diario Oficial de la Federación) (1988), *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*, 28 de enero de 1988.

**DOF** (Diario Oficial de la Federación) (1993) *Ley General de Asentamientos Humanos*, publicada el 21 de julio de 1993. Última reforma publicada el 5 de agosto de 1994. Consultada en Constitución y Leyes Federales de México <http://www.diputados.gob.mx>

**DOF** (Diario Oficial de la Federación) (1996), *Ley Ambiental del Distrito Federal*, publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el día 8 de julio de 1996 y en el Diario Oficial de la Federación el día 9 de julio del mismo año.

**DOF** (Diario Oficial de la Federación) (2003) *Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable*, publicada el 25 de febrero de 2003. Última reforma publicada el 26 de diciembre de 2005. Consultada en Constitución y Leyes Federales de México <http://www.diputados.gob.mx>

**DOF** (Diario Oficial de la Federación) (2005), *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*, última reforma 7 de diciembre 2005.

**Donatiello, G.**, (2001), *Environmental Sustainability Indicators in Urban Areas: An Italian Experience*. Working paper No.16 Conference of European Statisticians, Eurostat Work Session on Methodological Issues of Environment Statistics, Ottawa, Canada, 1-4 October .

**Domínguez, A.** (2004), Apoya el estado creación de Bosque Renacimiento. Artículo del *Periódico La Crónica*, Mexicali B.C. 12 noviembre de 2004,

**Ducci, M. E.** (2005), *Introducción al Urbanismo*. México: Editorial Trillas, 6ª Edición.

**Duffield, M.R. Y Jones W.** (1998), *Plants for Dry Climates*, Edited by Fisher Books, Tucson Arizona, USA.

**Dwyer, J. F., Schroder H.W., and Gobster P.H.** (1994), *The Deep Significance of Urban Trees and Forests in The Ecological City: Preserving and Restoring Urban Biodiversity*. Edited by Tutherford H.Platt, Rown A. Rowntree, Pamela C. Muick. The University of Massachusetts Press

**East Coast Greenway Alliance** (1991), Linking Cities from Maine to Florida Consultado en: <http://www.greenway.org/>

**Eastman R.** (1999), IDRISI 32 Tutorial. Versión 3.2, August 1999, Clark University, Worcester, MA. USA.

**Editorial Televisa** (1998), *Almanaque Mundial*, Grupo Editorial Televisa, México

**Encyclopedia Britannica Publishers** (1994-1995), LEXIPEDIA Diccionario Enciclopédico. México

**Erhart, E.** (2002), *The Greenstructure of Vienna* en Green Structure and Urban Planning-PROGRESS REPORT- 2002, Bernard Duhem –Chairman. Consultado en: <http://www.map21ltd.com/COSTC11/Vienna.htm>

**ECA** (2003), Foto aérea de Mexicali proporcionada por el despacho Estrategias Consultores Asociados; Mexicali B.C.

**Eugster, G.** (2000), *Seven principles of Green Infrastructure*. 2000 APA National Planning Conference, April 19, 2002. Consultado en:

<http://www.asu.edu/caed/proceedings00/EUGSTER/eugster.htm>

**Fabos J.G.** (2004). Greenway planning in the United States: its origins and recent case studies. *Landscape and Urban Planning*, 68, 321-342

**FAO** (1989), *Arid zone forestry: A guide for field technicians*. Series: FAO Conservation Guides No.20. Consultado en:

<http://www.fao.org/docrep/T0122E/T0122E00.HTM>

**Fausold, Ch.** and Robert J. Lillieholm, (1996), *The Economic Value of Open Space: A review and Synthesis*. Lincoln Institute of Land Policy Research Paper Lincoln Institute Product Code: WP96CF1 Consultado en:

[www.lincolninst.edu/education/Val\\_Tax/workpap/cfpap.html](http://www.lincolninst.edu/education/Val_Tax/workpap/cfpap.html)

**Flink, Ch.,** Searns R., (1993), *Greenways: A Guide to Planning Design And Development*. The Conservation Fund, Island Press. USA.

**Florida Department of Environmental Protection** (2006), *About Greenways and Trails*, Office of Greenways & Trails, FDEP. Consultado en:

<http://www.geoplan.ufl.edu/projects/greenways/whatisagreenway.html>

**Forman, R.T.T.** (1995). Some general principles of landscape and regional ecology, *Landscape Ecology* Vol.10, No. 3, 133-142

**Friends of Czech Greenways** (1994), A cultural trail between Prague and Vienna. Consultado en: <http://pragueviennagreenways.org/about.html>

**Georgia Forestry Comission** (2001), *Georgia Model Urban Forest Book*. Consultado en:

<http://www.gfc.state.ga.us/Resources/Publications/CommunityForests/GeorgiaModelUrbanForestBook.pdf#search='USDA%20urban%20forest>

**Google Earth** (2007), Consultado en: <http://earth.google.com/>

**Gómez, F.;** Tamarit, N.; Jabaloyes, J., (2001), Green zones, bioclimatic studies and human comfort in the future development of urban planning. *Landscape and Urban Planning*, Vol 55 , 151-161.

**Goreau, T. J.,** (2003), *Balancing Atmospheric Carbon Dioxide*. Global Coral Reef Alliance. Consultado en: [http://globalcoral.org/balancing\\_atmospheric\\_carbon\\_dio.htm](http://globalcoral.org/balancing_atmospheric_carbon_dio.htm)

**Gobierno Regional de Santiago de Chile** (2003), *Plan Verde: La Región Metropolitana de Santiago Limpia sus Aires con Paisaje Natural*. Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). Consultado en:

[http://www.obrasbicentenario.cl/proyectos/media/plan%20verde\\_web.pdf](http://www.obrasbicentenario.cl/proyectos/media/plan%20verde_web.pdf)

**HAMILTON, L.S.** (1991) *Bosques tropicales: Mitos y realidades*. Unasylya , 10° Congreso Forestal Mundial. Revista internacional de silvicultura e industrias forestales. FAO. Vol. 42, 1991/3. Consultado en <http://www.fao.org/docrep/u3500S/u3500s05.htm>

**Hull, P.b. and Harvey, A. (1989),** Explaining the Emotion People Experience in Suburban Parks, *Environment and behaviour*, 21 (3), 323-345

**IDEA de México, E-LAW U.S. y WCELA de Canadá (1999),** *Guía de Participación Ciudadana en Materia Ambiental de México, Estados Unidos y Canadá* (español). Consultado en:  
<http://www.elaw.org/resources/printable.asp?id=187>

**INEGI (2000a),** *Ciudades capitales: una visión histórica urbana*. Volumen 1. Aguascalientes, México. [Versión electrónica]

**INEGI (2000b),** *Indicadores de Desarrollo Sustentable en México*, INEGI, Aguascalientes, México. 1ª. Edición.

**INEGI (2000c),** SCINCE por colonias, Baja California. XII Censo General de Población y Vivienda, 2000. Aguascalientes Ags. México [versión electrónica]

**INEGI (2006a),** Información Hidrológica, Regiones Hidrológicas. Consultado en:  
<http://www.inegi.gob.mx/inegi/default.aspx>

**INEGI (2006b),** Marco de referencia para información sobre recursos naturales. Climatología. Consultado en:  
<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/prodyserv/cartas/climatol.cfm?c=320>

**IMIP (Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana de Mexicali) (2005),** *Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali B.C. 2025*, Versión abreviada para consulta, noviembre 03 de 2005, [versión electrónica]

**IMIP (Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana de Mexicali) (2006),** Información proporcionada por el IMIP 2006

**IPCC (1996),** Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero - versión revisada en 1996. Grupo intergubernamental de expertos sobre cambio climático. Consultado en:  
<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/spanish.htm>

**Jaworowski Z. (1997),** Another Global Warming Fraud Exposed, Ice Core Data Show No Carbon Dioxide Increase. *21st Century Science & Technology*. Spring 1997, pp.42-52. Consultado en: <http://www.21stcenturysciencetech.com/>

**Jaworowski Z. (2003),** Los Ciclos Solares y No el CO<sub>2</sub> Determinan el Clima. *21st Century Science & Technology*. Winter 2003-2004, pp.52-65. Consultado en: <http://www.21stcenturysciencetech.com/>

**Johnston, R. J. (1997),** *Urban Geography: City Structures*. En L.S. Bourne (Editor) *Internal Structure of the City* (80-91) New York: Oxford University Press.

**Kaplan, R.& Kaplan, S. (1990),** *Restorative Experience: The Healing Power of Nearby Nature*. In Francis, M.;Hester, R. (Eds) *The Meaning of Gardens*, 238-243, Cambridge, MIT Press.

**Kim, E.**, 2001. *Green Education How does your garden grow and for whom?* Report on research, The University of Arizona, Tucson, Arizona, Winter 2000-2001 Volume 17, Number 1

**Korcelly, P.** (1976), *Theory of Intra-Urban Structure: Review and Synthesis: A Cross Cultural Perspective*. En *Internal Structure of the City*, L.S. Bourne, New York: Oxford University Press. pp. 93-111

**Krishnamurthy, L.** y J. Rente Nascimento (Eds) (1998), *Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe*. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. México

**Kunz B. I.** (2003), *Usos del Suelo y Territorio. Tipos y lógicas de localización en la ciudad de México*. Plaza y Valdés Editores, 1ª Edición. México

**Laurie, M.** (1983), *Introducción a la arquitectura del paisaje*, Editorial Gustavo Gili. Barcelona, España

**Leff, E.** (1995), De quien es la naturaleza: Sobre la apropiación social de los recursos naturales. *Gaceta Ecológica* No. 37 INE/SEMARNAP, México p. 58-64

**Lexington-Fallete**, (2006), Urban County Government: Greenways of Lexington 1988 Comprehensive Plan. Consultado en: <http://www.lfucg.com/greenways/Background.asp>

**Leyes y Códigos de México** (2000), *Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente*. Editorial Porrúa, Decimotava Edición Actualizada

**Lindholm, G.** (1999), *Communication Concerning Green Structure - a discussion on the interpretation of concepts*. Proceedings of the Conference of The Urban Density and Green Structure. European Research Network, held in Gothenburg, Sweden 2-5 october, 1999. Consultado en: <http://www.arbeer.demon.co.uk/MAPweb/Goteb/got-quni.htm>

**Lindsey, P.** and N. Bassuk (1992), Redesigning the urban forest from the ground below. A new approach to specifying adequate soil volume for street trees. *Arboricultural Journal*, 16:25-39)

**Lira, J.** (1995), *La percepción remota: nuestros ojos desde el espacio*. Fondo de Cultura Económica. Cuarta reimpresión. México.

**López, L. A.** y A. Ramos (1969), *Valoración del Paisaje Natural*, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid, España.

**López, L. A.**, (2001), Uso del Agua en la Agricultura del Valle de Mexicali, Baja California, en *Divulgare, Ciencia para todos*, año 9, num.35, julio-septiembre de 2001, Universidad Autónoma de Baja California.

**Lozano, G.M.** (1988), *Marco para el Estudio y Diseño de la Recreación en los Parques de Barrio de la Ciudad de Mexicali*, Tesis de Maestría, UABC, Mexicali B.C.

**Luther, M. & D. Gruehn**, (2001), putting a price on urban green spaces in *Landscape Design*, september 2001, 23-26

**MapInfo Professional** (2004), Paquete de cómputo, versión 7.8.

**Márquez, T.** (2003), Concluyó el Primer Seminario de Vías Verdes en México: Es Posible Hacer de las Vías Verdes un Proyecto de Desarrollo Social y Cultural. Sala de prensa de CONACULTA. Consultado en:  
<http://www.conaculta.gob.mx/saladeprensa/2003/04nov/conclusiones.htm>

**Maureen, H.**, (2000), *Guide to sustainable community indicators. Traditional vs. Sustainability indicators*, Sustainable Measures, north Andover, MA. 2nd. Edition

**McPherson, E.G. and C. Johnson** (1988) A Community Forestry Planning Process: Case Study of Citizen Participation en *Landscape and Urban Planning*, 15 (1988) 185-194, Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam

**McPherson, E.G.; Scott, K.I.; Simpson, JR.** (1998), Estimating cost effectiveness of residential yard trees for improving air quality in Sacramento, California using existing models. *Atmospheric Environment*, 32(1), 75-84.

**McPherson, E.G. and J. R. Simpson** (1999), *Carbon Dioxide Reduction Through Urban Forestry: Guidelines for Professional and Volunteer Tree Planters*. United States Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, General Technical Report PSW-GTR-171. Consultado en:  
[www.fs.fed.us/psw/publications/documents/gtr-171/gtr-171-cover.pdf](http://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/gtr-171/gtr-171-cover.pdf)

**Méndez, M.E.** (1993), *Un método para el diseño urbano*. Secretaria de Educación Pública. México: Xalapa, Veracruz. 1ª. Edición

**Metz, B., Ogunalde D., Coninck H., Loos M., Meyer Leo** (2005), *La captación y almacenamiento de dióxido de carbono*, Resumen técnico. Informe del Grupo de Trabajo III del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

**Miller, W. R.** (1998), *Planeación del enverdecimiento urbano*, en Krishnamurthy L. y J. Rente Nascimento (Eds) (1998) *Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe*. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. México. 83-106 pp.

**Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial** (2003), Colombia. *Observatorios Ambientales Urbanos*. Consultado en:  
<http://web.minambiente.gov.co/oau/>

**Morgan, R.M.** (1998), *Aspectos Financieros y económicos del enverdecimiento urbano* en Krishnamurthy L. y J. Rente Nascimento (Eds) (1998) *Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe*. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. México. 139-178 pp.

**Moya L.A.** (2004). Capítulo 7.3 *Manejo de Grandes Espacios Naturales*, elaborado para el segundo Diplomado a Distancia "El fenómeno Metropolitano" estrategias, instrumentos y alternativas de gestión, Módulo 7. México. UNAM, PUEC

**Murcott, S.**, (1997), Appendix D: *Indicators of Sustainable Development*, Compiled by Susan Murcott, Massachusetts Institute of Technology, AAAS Annual Conference, IIASA "Sustainability Indicators Symposium", Seattle, WA 2/16/97. Consultado en: <http://www.sustainableliving.org/appen-d.htm>

**Naciones Unidas** (2002), *Informe de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible*, Johannesburgo (Sudáfrica), 26 de agosto a 4 de septiembre de 2002. Nueva Cork. Consultado en: <http://ods-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N02/636/96/PDF/N0263696.pdf?OpenElement>

**Nelson, A.C.**, (1985), A unifying view of greenbelt influences on regional land values and implications for regional planning policy. *Growth and Change* 16(2): 43-48.

**Nilsson, K, Thomas B. Randrup y Tilde Tvedt** (1998), *Aspectos tecnológicos del enverdecimiento urbano* en Krishnamurthy L. y J. Rente Nascimento (Eds) (1998) *Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe*. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. México. 39-81 pp.

**Nowak, D.J., Rowntree R.A., McPherson E.G., Sisimi S.M., Kerkmann E.R., Stevens J.C.** (1996), Measuring and analyzing urban tree cover en *Landscape and Urban Planning* 36, 49-57. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam

**Nowak, D.J.**, (1994), *Atmospheric carbon dioxide reduction by Chicago's urban forest*. Gen. Tech. Rep. NE-GTR-186. Radnor, P.A. Northeastern Forest Experiment Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture: 83-94

**Nowak, D.J., Crane D.E.** (2002), Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environmental Pollution* 116 (2002) 381-389 pp.

**Nowak, D.J., Dwyer J. F. Y Childs G.** (1998), *Los beneficios y costos del enverdecimiento urbano* en L. Krishnamurthy y José Rente Nascimento en *Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe*. Universidad Autónoma Chapingo

**ODPM** (2002), Office of the Deputy Prime Minister. *Green Spaces, Better Places, Improving Urban Parks, Play Areas and Green Spaces*. Consultado en: <http://www.urban.odpm.gov.uk/greenspace>

**OLADE** (Organización Latinoamericana de Energía) (2005), *Inventory of Green House Gases (GHG)* February, 2005. Consultado en: [www.olade.org.ec/documentos/SIEN-Taller II-GEI-Ingles.pdf](http://www.olade.org.ec/documentos/SIEN-Taller II-GEI-Ingles.pdf)

**Opdam P., Foppen R.,and Vos C.** (2002). Bridging the gap between ecology and spatial planning in landscape ecology, *Landscape Ecology* 16: 767-779

**Osborn, F.J.** (1974), *Garden Cities of To-Morrow*. Faber and faber, 3 Queen Square London. Great Britain.

**Oseas, T. y Mercado E.** (1992), *Manual de Investigación Urbana*. México: Editorial trillas. 1ª edición

**Palomo, P.S.** (2003), *La Planificación Verde en las Ciudades*. Editorial Gustavo Gili, Barcelona, España

**Parsons, R.**, (1991), The Potential Influences of Environmental Perception on Human Health. *Journal of Environmental Psychology* 11: 1-23

**Pérez, M.** (2001), *Análisis de una Metodología para el inventario de Espacios verdes en una Ciudad Intermedia*. Instituto de Planeamiento Urbano y Regional (I.P.U.R.) - Facultad de Arquitectura y Urbanismo - UNNE. Argentina.

Consultado en: <http://www.unne.edu.ar/cyt/2001/7-Tecnologicas/T-012.pdf>

**POE** (Periódico Oficial del Estado de Baja California) (1971), *Reglamento de Fraccionamientos del Estado de Baja California* No. 10 publicado el 10 de Abril de 1971, Sección I, Tomo LXXVIII.

**POE** (Periódico Oficial del Estado de Baja California) (1992a), *Decreto No. 132*. Publicado en el Periódico Oficial el 10 de mayo de 1992.

**POE** (Periódico Oficial del Estado de Baja California) (1992b), *Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Baja California*, No.26, de fecha 24 de junio de 1994, Tomo CI.

**POE** (Periódico Oficial del Estado de Baja California) (1992c), *Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Baja California*, 29 de febrero de 1992.

**POE** (Periódico Oficial del Estado de Baja California) (1994a), *Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Baja California*. No. 26, Sección I, de fecha 24 de junio de 1994, Tomo CI.

**POE** (Periódico Oficial del Estado de Baja California) (1994b), *Ley de Edificaciones del Estado de Baja California* No. 26 fecha de publicación 24 de junio de 1994 sección III, Tomo CI.

**POE** (Periódico Oficial del Estado de Baja California) (1994c), *Reglamento de Imagen Urbana para el Municipio de Mexicali* No.33, publicado el 12 de agosto de 1994, Tomo CI.

**POE** (Periódico Oficial del Estado de Baja California) (1995), *Ley de Preservación del Patrimonio Cultural del Estado de Baja California* No. 39, fecha de publicación 18 de agosto de 1995, Tomo CII.

**POE** (Periódico Oficial del Estado de Baja California) (1997), *Reglamento de Protección al Ambiente para el Municipio de Mexicali, Baja California*. No. 50 fecha de publicación 8 de noviembre de 1997. Tomo CIV.

**POE** (Periódico Oficial del Estado de Baja California) (1998), *Reglamento de Edificaciones para el Municipio de Mexicali. Baja California*. No. 51 fecha de publicación 18 de diciembre de 1998. Tomo CV.

**POE** (Periódico Oficial del Estado de Baja California) (1999), *Reglamento para el Control de la Calidad Ambiental del Municipio de Ensenada, Baja California*, No. 5, Tomo CVI, 29 de Enero de 1999.

**POE** (Periódico Oficial del Estado de Baja California) (2001a), *Ley de Planeación para el Estado de Baja California*. Publicado en el Periódico Oficial No. 52, de fecha 23 de noviembre de 2001 Sección I, Tomo CVIII.

**POE** (Periódico Oficial del Estado de Baja California) (2001b), *Ley de Protección al Ambiente para el Estado de Baja California*. Publicado en el Periódico Oficial No. 53, de fecha 30 de noviembre de 2001, Sección I, Tomo CVIII.

**POE** (Periódico Oficial del Estado de Baja California) (2001c), *Reglamento General de Acciones de Urbanización para el Municipio de Mexicali, Baja California*. Publicado en el Periódico Oficial No. 50, de fecha 16 de noviembre de 2001, Sección I, Tomo CVIII.

**POE** (Periódico Oficial del Estado de Baja California) (2001d) *Reglamento para la Protección del Medio Ambiente del Municipio de Tijuana*, publicado el 11 de mayo de 2001.

**POE** (Periódico Oficial del Estado de Baja California) (2002), *Reglamento de Participación Ciudadana y Vecinal para el Municipio de Mexicali* No.55, publicado el 14 de diciembre de 2002, Sección I.

**POE** (Periódico Oficial del Estado de Baja California) (2003a), *Ley de Ingresos del Estado de Baja California para el ejercicio fiscal 2004*, Tomo CX, No. 62 Mexicali, B.C. a 31 de diciembre de 2003.

**POE** (Periódico Oficial del Estado de Baja California) (2003b), *Reglamento de Ecología y Medio Ambiente para el Municipio de Tecate, B.C.* Publicado en el Periódico Oficial No. 04, de fecha 17 de Enero de 2003, Tomo CX.

**POE** (Periódico Oficial del Estado de Baja California) (2004), *Reglamento De Protección al Ambiente del Municipio de Playas de Rosarito, B. C.* Publicado en el Periódico Oficial No. 43, de fecha 08 de octubre de 2004, Sección II, Tomo CXI.

**POE** (Periódico Oficial del Estado de Baja California) (2005a), *Reglamento de Áreas Verdes para el Municipio de Mexicali*, Baja California. No. 21 publicado el 6 de mayo de 2005. Tomo CXII.

**POE** (Periódico Oficial del Estado de Baja California) (2005b), *Reglamento de Forestación para el Municipio de Tijuana, Baja California*. Periódico Oficial del 23 de septiembre de 2005.

**Periódico Oficial del Estado de Chihuahua** (1995), *Reglamento Municipal de Ecología y Protección al Ambiente del Municipio de Juárez, Chihuahua*. Aprobado por la Presidencia Municipal de Cd. Juárez el día 9 de octubre de 1995 y entró en vigor el 21 de abril de 1996. Consultado en: [http://www.ordenjuridico.gob.mx/EnFe/CHIHUAHUA/m\\_juarez.php](http://www.ordenjuridico.gob.mx/EnFe/CHIHUAHUA/m_juarez.php)

**Piaget, J.** (1990), *The child's conception of the world*. New York: Littlefield Adams.

**Ramirez, Q.A.I.** (2003), *Conclusiones de los aspectos sociales del 3er. Congreso Iberoamericano de Parques y Jardines Públicos*. Consultado en: [www.guadalajarparks.udg.mx/creditos/public/ConclusionesCdGuzman.pdf](http://www.guadalajarparks.udg.mx/creditos/public/ConclusionesCdGuzman.pdf)

**Ramirez, V.B.R.** (2005), *Sustentabilidad y Metrópoli: Utopía de las Periferias Urbanas*. Ponencia presentada en el 5º Congreso Internacional de Urbanismo y Medio Ambiente realizado en México, UAM-Xochimilco, el 3 de junio de 2005.

**Rapaport, E.T., Lind T.** (2003), Steps Towards Integrating Carbon Dioxide Sources and Sinks into Local Environmental Planning. *Journal of Environmental Planning and Management*, 46(6), 803–816, November 2003

**Rapoport, E.H., Diaz B. M. y López M. I.** (1983), *Aspectos de la Ecología Urbana en la Ciudad de México. Flora de las calles y baldíos*. Ed. Limusa. México

**Ravetz J.** (2000). *City Region 2020 Integrated Planning for a Sustainable Environment*. London Earthscan Publication Ltd.

**Ray, T.W.** (1994), A FAQ on Vegetation in *Remote Sensing*, California Institute of Technology. Consultado en: <http://www.yale.edu/ceo/Documentation/rsvegfaq.html>

**Ries, C., Pillmann W., Kellner K., Stadler P.** (2002), *Urban Green Space Management Information. Processing and Use of Remote Sensing Images and Scanner Data*. Consultado en: [www.ipf.tuwien.ac.at/publications/EI\\_P\\_180\\_Ries.pdf](http://www.ipf.tuwien.ac.at/publications/EI_P_180_Ries.pdf),

**Rodenburg, C., Baycan-Levent, T., Leeuwen, E.V. and Nijkamp, P.,** (2001), Urban Economic Indicators for Green development in Cities. *Greener Management International*. Winter 2001, 36: 105-119. Consultado en: <http://www.greenleaf-publishing.com/gmi/gmi36.htm>

**Rojas C.R.I.** (Ed) (2005), *Planeación urbana y regional: Un enfoque hacia la sustentabilidad*, Universidad Autónoma de Baja California y Plaza y Valdes. México

**Román, C.J.A.,** (2001), El planeta tierra en crisis de agua, en *Divulgare, Ciencia para todos*, año 9, num.35, julio-septiembre de 2001, Universidad Autónoma de Baja California. México

**Ruckelshaus, W.D.** (1989), Towards a Sustainable World, *Scientific American*, September, 1989

**Rutherford, H. P., Rowntree, R.A., Muick, P. C.** (1994), *The Ecological City, Preserving and Restoring Urban Biodiversity*, The University of Massachusetts Press USA

**Rzedowski, J.** (1981), *Vegetación de México*. Editorial Limusa, México

**SAHOP** (1979), *Ecoplan Baja California 4a. Fase- Normas y Políticas de forestación y áreas verdes para Mexicali, Tijuana y Ensenada*. México

**SAHOP** (1981), *Manual para la elaboración de programas de desarrollo urbano de centros de población*. México.

**Sánchez, R.A.** (2002), *Sustentabilidad Urbana, Descentralización y Gestión Local*, ponencia presentada en el Taller: “De Río a Johannesburgo. La Transición hacia el Desarrollo Sustentable: Perspectivas de América Latina”, que se efectuó en la ciudad de

México los días 6 al 8 de mayo de 2002, por el INE, PNUMA y UAM-X. Consultado en: <http://www.ine.gob.mx/johan/johacap13.html>

**Sarmiento**, J.L., Gruber N. (2002) Sinks for Anthropogenic Carbon. *Physics Today*, Aug 2002, Vol.55 Issue 8: 30-36.

**Saxena**, M. (2003), *Microclimate modification: calculating the effect of trees on air temperature*. Consultado en: [www.sbse.org/awards/docs/saxena.pdf](http://www.sbse.org/awards/docs/saxena.pdf)

**Scott** A.J. (2002). *Global City Region, Trends, Theory, Policy*. UK. Oxford University Press

**Schjetnan**, M., Calvillo J. y Peniche M. (1984), *Principios de Diseño Urbano Ambiental*. México: Editorial Concepto, 1ª Edición,

**Schroeder** H.W., (1991), Preference combining quantitative and qualitative data. *Journal of Environmental Psychology* 11:231-248

**SEDECO** (Secretaría de Desarrollo Económico) (2006), Gobierno del Estado de Baja California, Consultado en: <http://www.bajacalifornia.gob.mx/sedeco/>

**SEDESOL** (2001a), *Programa Nacional de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio (2001-2006)*. México DF: Consultado en [www.sedesol.gob.mx](http://www.sedesol.gob.mx)

**SEDESOL** (2001b), *Sistema Normativo de Equipamiento Urbano: Manuales Técnicos*. Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, Dirección General de Infraestructura y Equipamiento. México. [Versión electrónica]

**SEDESOL-UAM** (2005), *Proyectos Estratégicos para los Centros de Ciudad en México*. Guía Metodológica. Convenio de Colaboración SEDESOL/UAM, Marzo 2005. México. [Versión electrónica] Inédito

**SEDUE** (1985), SAHOPE y XI Ayuntamiento de Mexicali, Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali B.C

**Selman** P. (2000) *Environmental Planning. The Conservation and Development of Biophysical Resources*. Second edition, UK. Sage Publications.

**Selman** P, and Knight M. (2005). *Landscape as an integrating framework for rural policy and planning*. Paper prepared as part of the Research Councils' Rural Economy and Land Use. Consultado en <http://www.relu.ac.uk/events/workshop170505/SelmanKnight.pdf>

**SEMARNAT**, Gobierno del Estado de Baja California, XVI Ayuntamiento de Mexicali. (1999), *Programa para mejorar la calidad del aire de Mexicali 2000-2005*. 1ª. Edición. México.

**SEMARNAT** (2003), *Acuerdo que establece las reglas de operación para el otorgamiento de pagos del programa de servicios ambientales hidrológicos*. Diario Oficial, viernes 3 de octubre de 2003. Consultado en: <http://www.semarnat.gob.mx/dof/octubre03.shtml>

**SEMARNAT** (2006a), Comunicado de prensa Núm. 152/06: Da México un paso importante e la atención del problema del cambio climático Coordinación General de Comunicación Social. Dirección de Información. México, D. F., a 11 de septiembre de 2006. Consultado en: <http://www.semarnat.gob.mx/>

**SEMARNAT** (2006b), Portal de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Consultado en <http://www.semarnat.gob.mx/portal/antecedentes.html>

**Sheinbaum**, P. C. (2003), *Proyecto de Norma Ambiental para el Distrito Federal PROY-NADF-2003* (fotocopias)

**SIDUE** (Secretaria de Infraestructura y Desarrollo Urbano) (2004), *Inventario de equipamiento educativo*. Agosto 2004 [archivo electrónico en Mapinfo]

**Simpson**, J.R. ; McPherson E.G., (2002). *Tree planting to optimize energy and CO<sub>2</sub> benefits*. Center for Urban Forest Research. PSW Research Station USDA Forest Service. [http://wcufr.ucdavis.edu/research/studies\\_detail\\_summary](http://wcufr.ucdavis.edu/research/studies_detail_summary)

**Smardon**, R.C., (1988), Perception and Aesthetics of the Urban Environment: Review of the Role Vegetation. *Landscape and urban Planning* 15: 85-106

**Smith**, C. y N. Brown (1997), ERDAS IMAGINE. Version 8.3, January 1997. Atlanta, Georgia. USA.

**Soto-Pinto** L., Jiménez-Ferrer G., Vargas Guillén, A., De Jong Bergsma, B., Esquivel-Bazán, E. (2002), Experiencia agroforestal para la captura de carbono en comunidades indígenas de México. *Revista Forestal Iberoamericana* Vol.1 No.1, 44-50.

**Stephenson-Oliver**, J. (2003); Green Spaces Strategy, Stroud District Council, UK. Consultado en: <http://www.stroud.gov.uk/>

**Stocker**, T.F. (1999), Abrupt climate changes: from the past to the future. *International Journal Earth Sciences* (1999) 88: 365-374

**The Conservation Fund and USDA Forest Service** (2006), Green Infrastructure & Greenways. Consultado en: <http://www.greeninfrastructure.net/?article=2061>

**Tjallingli** S. (1995), *ECOPOLIS, Strategies for Ecologically Sound Urban development*. Netherlands. Backhuys Publishers.

**Tzoulas**, K., Korpela, K., Venn, S., Pelkonen, V.Y., Kazmierczak, A., Niemela, J., James, P. (2007) Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green infrastructure: a literature review. *Landscape and Urban Planning* 81 (3): 167-178

**Ulrich**, R.S., R.F. Simons, B.D. Lositio, E. Fiorito, M.A. Miles, and M. Zelson., (1991), Stress Recovery during Exposure to Natural and Urban Environments. *Journal of Environmental Psychology* 11: 201-230

**United Nations** (1999), Division for Sustainable Development. *Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies* April, New York. Consultado en: [www.un.org/esa/sustdev/isd.itm](http://www.un.org/esa/sustdev/isd.itm)

**United Nations** (2005), Agenda 21: Chapter 8. Integrating Environment and Development in Decision-Making. Consultado en:

<http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/english/agenda21chapter8.htm>

**Uribe**, B.E. (1998), *Enverdecimiento urbano en Colombia*, en Krishnamurthy L. y J. Rene Nascimento (Eds.)1998. Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. México, 253-304

**USDA** (1999), Forest Service General Technical Report PSW’GTR 171. McPherson, E.G.; Simpson J. *Carbon dioxide reduction through urban forestry: Guidelines for professional and volunteer tree planters*. Pacific Southwest Research Station. Forest Service, U.S. Department of Agriculture; 237p. Consultado en: <http://www.psw.fs.fed.us/techpub.html>

**USDA** (2000), National Agroforestry Center .*Working trees for carbon cycle balance. Agroforestry: using trees and shrubs to produce social, economic and conservation benefits*. Consultado en: <http://www.unl.edu/nac/pubs.html#other>

**USDA Forest Service** (1999), A Technical Guide to Urban and Community Forestry, 50 State Urban Forestry Coordinators, Consultado en: <http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/uf/techguide/urban.htm>

**U.S. Department Of Energy** (1993), *Cooling our cities, in Tomorrow’s Energy Today, for Cities and Counties*. U.S Department of Energy. Technical Information Program under the Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. DOE/CH10093-211. Consultado en: [http://www.eren.doe.gov/cities\\_counties/coolcit.html](http://www.eren.doe.gov/cities_counties/coolcit.html)

**Varese**, G. B, Ugo Bertelli (2001), Development of Urban Green Spaces to Improve the Quality of Life in Cities and Urban Regions EVK4-CT-2000-00022. *Planning Criteria*. Consultado en: [www.planning.odpm.gov.uk](http://www.planning.odpm.gov.uk)

**Venegas**, C. F.R. (1991), Manual para el reconocimiento de los árboles y arbustos más comunes de la ciudad de Mexicali, *Cuadernos Docentes*, 2. Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali,B.C.

**Viles** R.L., Rosier D.J., (2001), How to use roads in the creation of greenways: case studies in three New Zealand landscapes, *Landscape and Urban Planning* Vol. 55, No.1, 15-27.

**Vivanatura**, (2006), Zonas Ecológicas en México Consultado en el Portal de Vivanatura. The World of Mexican Nature. Consultado en: [http://www.vivanatura.org/Biodiversity\\_ecoregions.html](http://www.vivanatura.org/Biodiversity_ecoregions.html)

**Vásquez**, N. (2006), Promueven adopción de más áreas verdes. Artículo del *Periódico La Crónica*, Mexicali B.C. 1 de junio 2006

**Weng**, Q., (2003), Fractal analysis of satellite-detected urban heat island effect. *Photogrametric Engineering & Remote Sensing*, 69, 5, 555- 566.

**Wong, E.** (2002) The U.S. Environmental Protection Agency's Heat Island Reduction Initiative (HIR I) Status and Future Directions Presentation. City of Toronto. 3 May 2002. 22 November 2002. Consultado en: [http://www.city.toronto.on.ca/taf/cleanairpartnership/pdf/uhis\\_wong.pdf](http://www.city.toronto.on.ca/taf/cleanairpartnership/pdf/uhis_wong.pdf).

**Wikipedia,** (2006) La enciclopedia libre. Río Nuevo. Consultado en [http://es.wikipedia.org/wiki/R%C3%ADo\\_Nuevo](http://es.wikipedia.org/wiki/R%C3%ADo_Nuevo)

**Wolf K.L** (2004), *Trees, Parking and Green Law: Strategies for Sustainability Stone Mountain, GA*: Georgia Forestry Commission, College of Forest Resources, University of Washington. Urban and Community Forestry. Consultado en: <http://www.cfr.washington.edu/research.envmind/transportation.html>

**Woodland,** Trail Greenway Association (1992), *Statement of Purpose and Strategic Plan 2003 – 2006*. Consultado en: [http://www.wtga.org/statement\\_purpose.htm](http://www.wtga.org/statement_purpose.htm)

**WWF/Adena World Wildlife Fund** (2005), *Protocolo de Kioyto, Situación actual y perspectiva*. Consultado en: [www.wwf.es/descarga/Protocolo\\_Kioto.pdf](http://www.wwf.es/descarga/Protocolo_Kioto.pdf)

**XII Ayuntamiento de Mexicali** (1983), *Acuerdo que crea el Comité de Planeación para el Desarrollo del Municipio de Mexicali, B.C.* publicado en el Periódico Oficial de Estado de Baja California el 20 de mayo de 1983. No. 14, Sección I, Tomo XC

**XIV Ayuntamiento de Mexicali** (1993), *Acuerdo que crea el Consejo Consultivo de los Planes de Desarrollo Urbano de Mexicali, Baja California*. Publicado en el Periódico Oficial No.48 de fecha 26 de noviembre d 1993. Tomo C.

**XIV Ayuntamiento de Mexicali** (1995), *Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali B.C.* Publicado en el Periódico Oficial del Estado de Baja California el 10 de febrero de 1995, No.6 Sección. Tomo CII

**XV Ayuntamiento de Mexicali** (1998), *Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali B.C. 2010*. Publicado en el Periódico Oficial del Estado de Baja California el 27 de noviembre de 1998

**XVI Ayuntamiento de Mexicali** (2001), *Reglamento de Participación Ciudadana y Vecinal para el Municipio de Mexicali, Baja California*. Publicado en el Periódico Oficial. No. 55, de fecha 14 de diciembre del 2002, Sección I.

**XVII Ayuntamiento de Mexicali** (2003), *Guía de Forestación para el Municipio de Mexicali B.C.* [Versión electrónica]

**XVIII Ayuntamiento de Mexicali** (2004), *Inventario de las áreas verdes dependientes del H. Ayuntamiento de Mexicali, B.C.: Jardines, isletas, triángulos, glorietas, camellones y parques, y áreas nuevas*. Dirección de Obras y Servicios Públicos Municipales, Departamento de áreas verdes, junio 2004 (Archivo en Excel).

**XVIII Ayuntamiento de Mexicali** (2005) *Organigrama del Ayuntamiento*. Consultado en: <http://www.mexicali.gob.mx/gobierno/organigrama/organigrama.pdf>

**Yoldie**, E.L. (1998), *Plan Verde para una Ciudad Patrimonio de la Humanidad, Segovia (España)*. Consultado en: <http://habitat.aq.upm.es/bpes/onu98/bp446.html>

**Zeng**, N. (2003), Glacial-Interglacial Atmospheric Co<sub>2</sub> Change, the Glacial Burial Hypothesis. *Advances in Atmospheric Sciences*, Vol.20, No.5, 2003, 677-693

**Zulauf**, W.E.(1998), *Estructura legal, institucional y operacional de los sistemas de áreas verdes urbanas* en Krishnamurthy L. y J. Rente Nascimento (Eds) (1998) *Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe*. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. México. 179-196 pp.

# **ANEXO 1.- PROCESO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS VERDES URBANAS EN MEXICALI B.C. UTILIZANDO IMÁGENES DE SATÉLITE MULTIESPECTRALES**

## **Introducción**

Las fotografías aéreas fueron durante muchos años uno de los insumos principales para la elaboración de cartografía y evaluación de los recursos naturales. Sin embargo, con el advenimiento de la tecnología satelital en la exploración de los recursos naturales y el desarrollo de programas y equipos de cómputo de alta capacidad de procesamiento, las imágenes digitales de satélite se convirtieron en una de las opciones más adecuadas para analizar grandes áreas, de manera rápida y a un costo relativamente bajo.

Una imagen de satélite puede concebirse como un arreglo matricial de hileras y columnas, donde cada uno de los números que se encuentran en sus celdas representa un indicador de la intensidad de la energía electromagnética reflejada o irradiada por la superficie terrestre. El registro de dicha intensidad, se realiza a través de satélites que llevan a bordo sensores que les permiten registrar energía con diferentes valores espectrales, también denominados como bandas espectrales (Lira, 1995).

El uso de imágenes de satélite para el análisis de la vegetación tiene varias décadas en algunos países como Estados Unidos, siendo utilizadas con diferentes propósitos como son: el inventario y actualización de la cobertura vegetal de bosques, determinar la deforestación causada por incendios, estimaciones de biomasa, monitoreo de la salud de los bosques, comportamiento térmico de áreas urbanas e islas de calor, entre otros (Carleer A. y Wolf E., 2004).

Otro de los avances en las imágenes de satélite, ha sido el incremento de la resolución: en 1982 el Landsat Thematic Mapper tomaba imágenes con una resolución de 30 m, en 1986 SPOT tenía una resolución de 20 m, en 1999 IKONOS proveía imágenes de 4 m de resolución, en 2003 Quickbird de 2.4 m y hasta de 0.60 m, con la cuál se pueden identificar especies de árboles por medio de una clasificación supervisada sobre la base de píxel por píxel (que es la unidad mínima de una imagen) (Carleer A. y Wolf E., 2004).

Las imágenes en formato digital tienen además la ventaja de que pueden visualizarse a diferentes escalas, se les puede aplicar diversos procesos como son los índices de vegetación y pueden integrarse en un Sistema de Información Geográfica (SIG) para realizar estudios urbanos.

En este apartado, se explicará el proceso realizado para la identificación, localización y caracterización de las áreas verdes urbanas por medio de imágenes de satélite, los insumos utilizados y los resultados obtenidos.

## Descripción del proceso

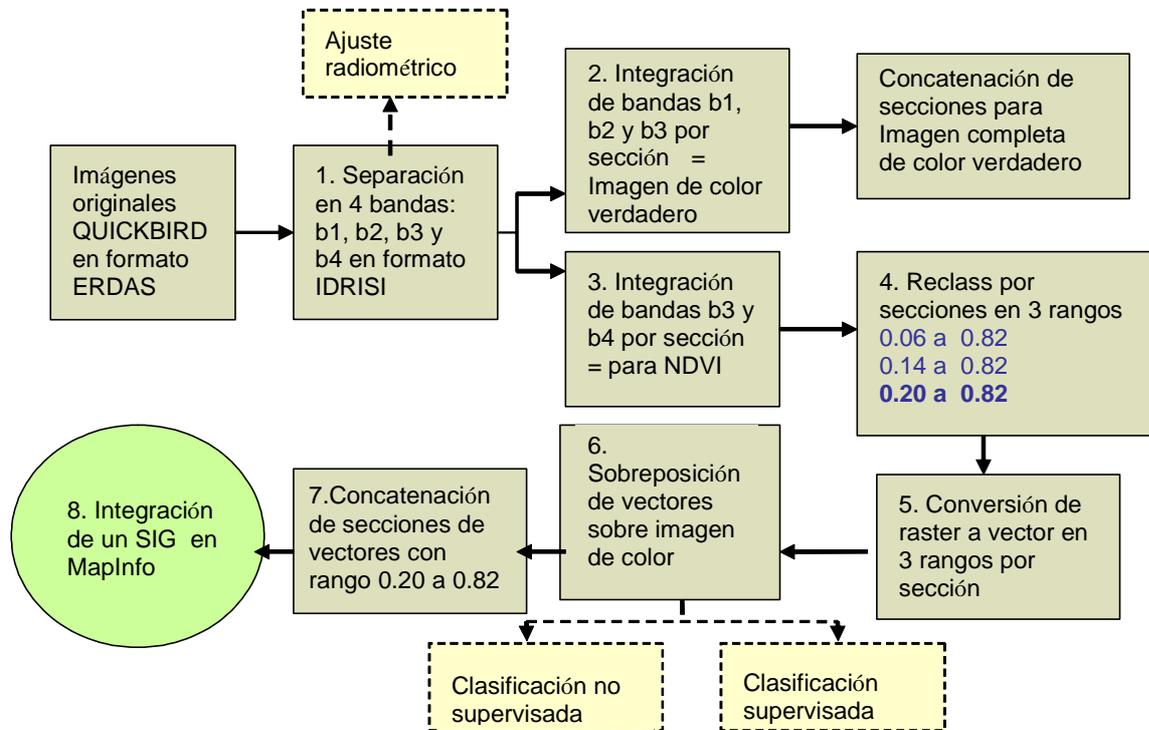
La identificación de las áreas verdes urbanas de Mexicali se realizó utilizando imágenes de satélite QUICKBIRD multiespectrales con una resolución de 2.6 mts del año 2003, correspondientes a dos secciones que cubren la parte oeste y este del centro de población.

Los programas de computación utilizados fueron: para la conversión de las imágenes de Geotif a IDRISI, se utilizó el paquete ERDAS IMAGINE. Versión 8.3, Smith (1997); para el procesamiento de las imágenes, el paquete IDRISI Versión 32, Eastman (1999) y para la construcción del Sistema de Información Geográfica fue el programa MapInfo Professional, versión 7.8, 2004.

Una de las ventajas de las imágenes de satélite y la utilización de programas de computación para su procesamiento y análisis, además de la rapidez de los procesos, es la exactitud respecto a otros métodos, como es la fotointerpretación visual de áreas verdes que está sujeta a errores o a una mala interpretación como es el caso de las sombras de los árboles que pueden confundirse con su propia fronda, lo que puede conducir a sobreestimar la cubierta vegetal. Sin embargo, estos errores pueden ser minimizados usando imágenes multiespectrales, que pueden registrar a través de la banda roja e infrarrojo cercano, la actividad fotosintética de las plantas.

El procedimiento que se siguió para la identificación de las áreas verdes urbanas se desarrolló de manera general en ocho etapas (Figura1).

**Figura 1** Etapas para el procesamiento de imágenes de satélite para la identificación de las áreas verdes urbanas



**Fuente:** Elaboración propia.

### **Etapas:**

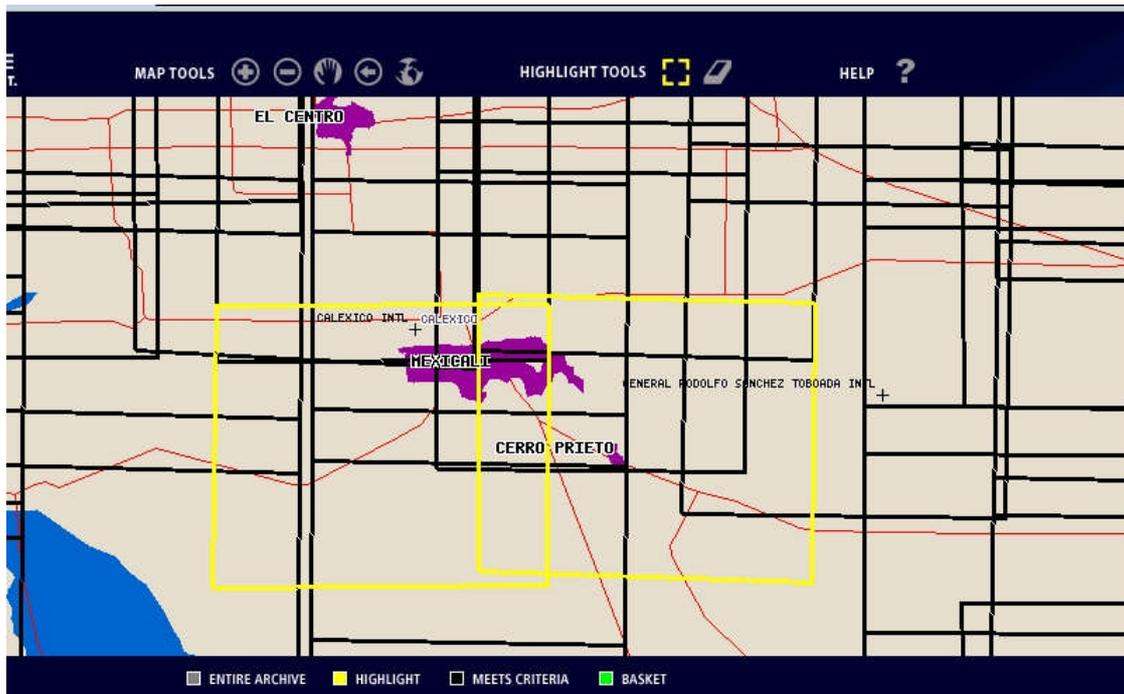
1. Las imágenes originales QUICKBIRD en formato ERDAS, se transformaron al formato IDRISI y se separaron en 4 bandas.
2. Se integraron las bandas b1, b2 y b3 por sección y se concatenaron para tener una imagen completa de color verdadero.
3. Se integraron las bandas b3 y b4 por sección y se procesaron con la función NDVI COMP, para identificar la cubierta vegetal.
4. Se clasificaron los resultados de las imágenes NDVI en tres rangos, aplicándoles la función RECLASS.
5. Se convirtieron de raster a vector los resultados de las imágenes RECLASS en los tres rangos establecidos (0.06-0.82, 0.14-0.82 y 0.20-0.82).
6. Se superpusieron los vectores de los tres rangos sobre la imagen de color verdadero seleccionando el rango de 0.20-0.82 como el que se adecuaba mejor en la identificación de áreas verdes.

7. Se concatenaron todas las secciones de vectores con rango 0.20-0.82.
8. Se sobrepuso la imagen concatenada de vectores con el rango seleccionado, con la imagen concatenada de color verdadero a efecto de caracterizar las áreas verdes identificadas, y crear un sistema de información geográfico con el paquete MapInfo.

## Datos de las imágenes de satélite

Las imágenes utilizadas para este estudio fueron del satélite QUICKBIRD, multispectrales con una resolución de 2.6 m de la empresa DigitalGlobe del año 2003, tomadas en dos días diferentes, el 20 y 25 de marzo y que cubren la parte este y oeste de la ciudad de Mexicali (ver figura 2).

**Figura 2** Identificación de imágenes de satélite para Mexicali, 2003



Fuente: <http://www.digitalglobe.com/>

Los metadatos de la imagen que cubre la parte este de la ciudad son los siguientes (ver tabla 1 y figura 3):

Fecha de adquisición: 20 de marzo de 2003

Cobertura de nubes: 0%

No. De identificación en catálogo DigitalGlobe: 1010010001BAF502

Resolución: 2.62 metros

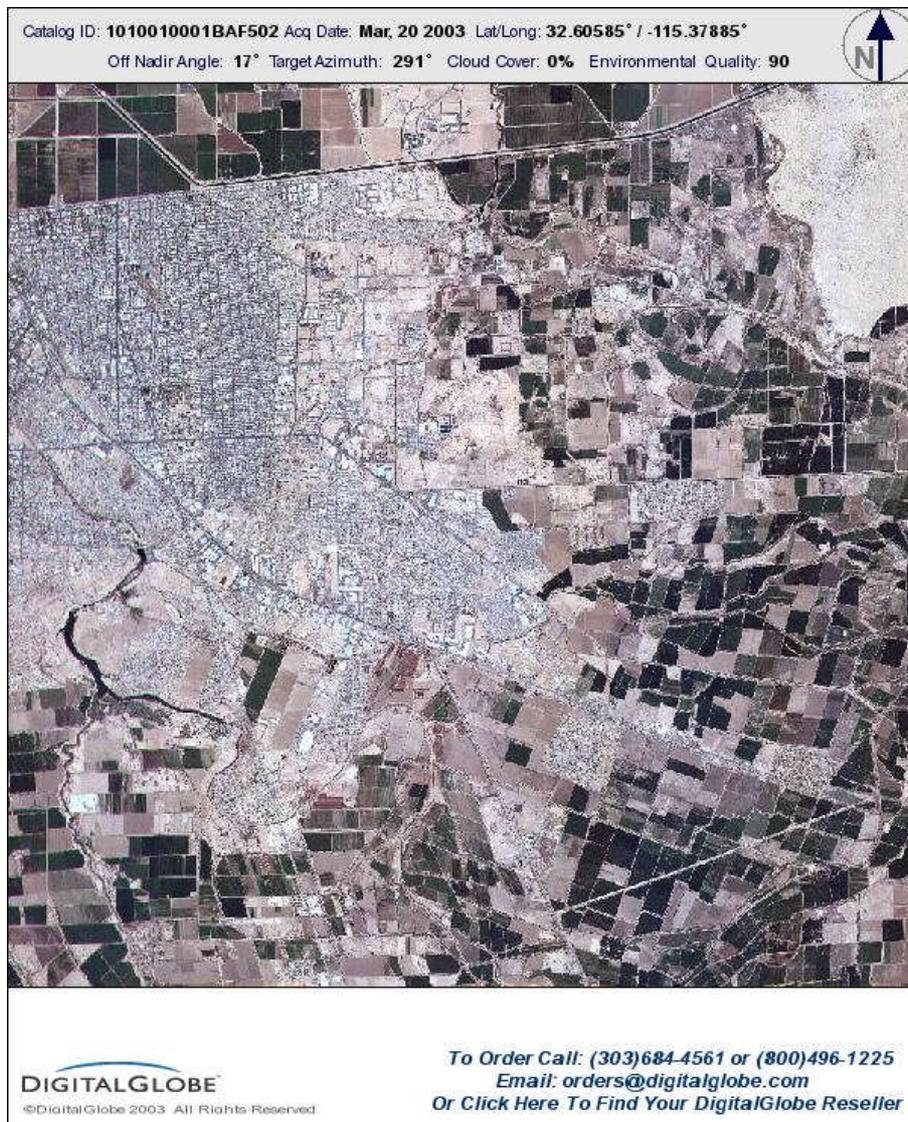
Calidad ambiental: 90- excelente

**Tabla 1** Coordenadas de la imagen correspondiente a la parte este de Mexicali

Vértice	Latitud	Longitud
Suroeste	32.5212	-115.4763
Noroeste	32.6898	-115.4763
Noreste	32.6898	-115.2808
Sureste	32.5212	-115.2808
Centro	32.6059	-115.3788

Fuente: <http://www.digitalglobe.com/>

**Figura 3** Imagen de satélite de la parte este de Mexicali



Fuente: <http://www.digitalglobe.com/>

Los metadatos de la imagen que cubre la parte oeste de la ciudad son los siguientes (ver figura 4 y tabla 2):

Fecha de adquisición: 25 de marzo de 2003

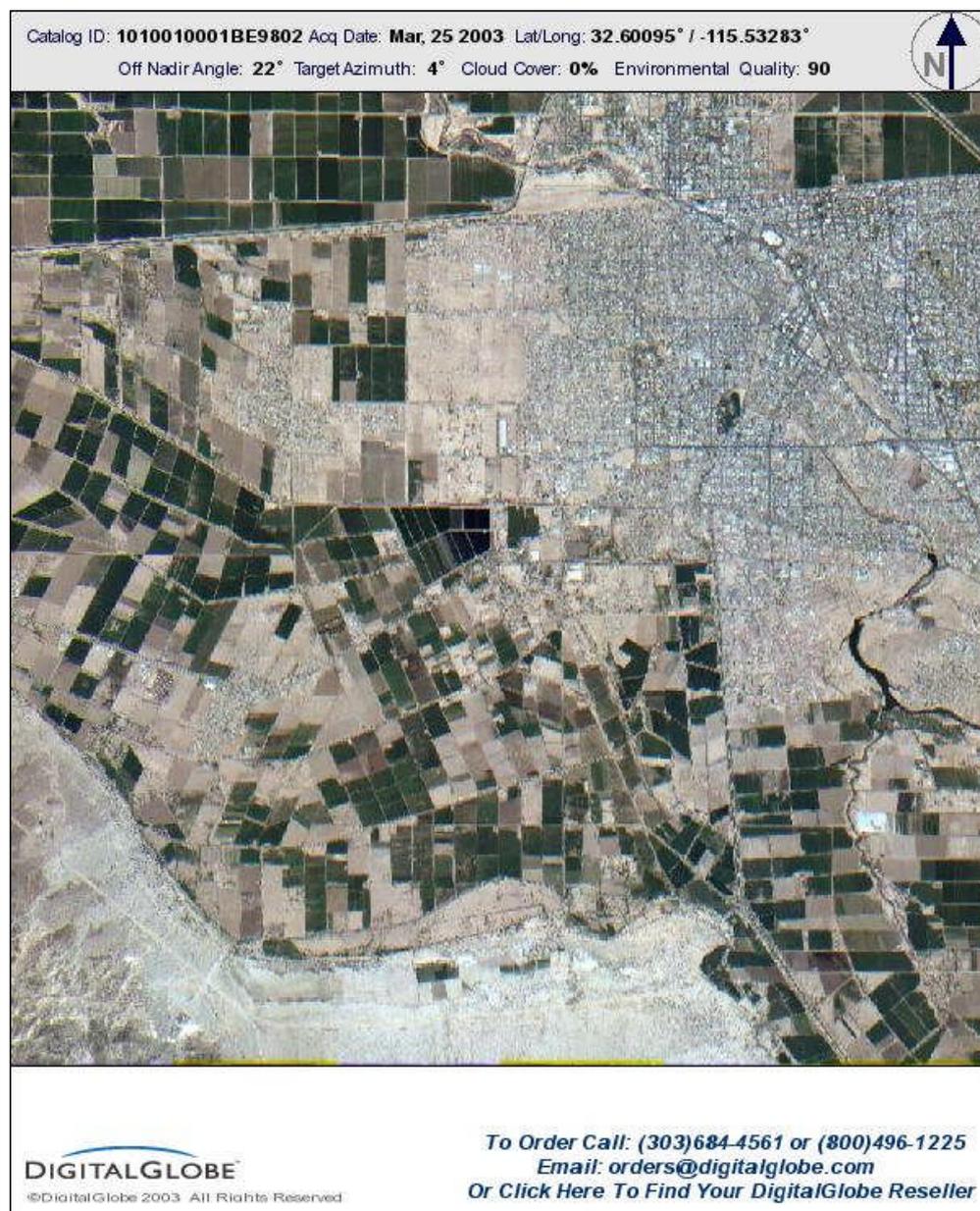
Cobertura de nubes: 0%

No. de identificación en catálogo DigitalGlobe: 1010010001BE9802

Resolución: 2.77 metros

Calidad ambiental: 90- excelente

**Figura 4** Imagen de satélite de la parte oeste de Mexicali



Fuente: <http://www.digitalglobe.com/>

**Tabla 2** Coordenadas de la imagen correspondiente a la parte oeste de Mexicali

Vértice	Latitud	Longitud
Suroeste	32.5176	-115.6308
Noroeste	32.6838	-115.6308
Noreste	32.6838	-115.4354
Sureste	32.5176	-115.4354
Centro	32.601	-115.5328

Fuente: <http://www.digitalglobe.com/>

Las secciones de imágenes de satélite con las que se trabajó la identificación de las áreas verdes urbanas, cubrieron el 100% de la mancha urbana, la línea color morado indica el límite de la mancha urbana, la línea color rojo señala el límite de centro de población y en color amarillo son las áreas donde se aplicó inicialmente el índice de vegetación (ver figura 5).

**Figura 5** Cobertura de las imágenes de satélite de la mancha urbana de Mexicali



Fuente: Elaboración propia.

## 1. Transformación de las imágenes del formato ERDAS al formato IDRISI y separación por bandas

Para el análisis de las imágenes con el programa IDRISI fue necesario separar las imágenes que originalmente estaban en el formato ERDAS al formato del programa IDRISI, separándola en cuatro bandas: azul, verde, roja e infrarrojo cercano, que corresponden a las siguientes longitudes de onda (ver figuras 6,7, 8 y 9).

Banda 1. Porción azul del espectro electromagnético (0.45 a 0.52  $\mu\text{m}$ )

Banda 2. Porción verde del espectro electromagnético (0.52 a 0.60  $\mu\text{m}$ )

Banda 3. Porción roja del espectro electromagnético (0.63 a 0.69  $\mu\text{m}$ )

Banda 4. Porción infrarrojo cercano del espectro electromagnético (0.76 a 0.90  $\mu\text{m}$ )

**Figura 6** Porción azul del espectro electromagnético



**Fuente:** Elaboración propia con el programa IDRISI

**Figura 7** Porción verde del espectro electromagnético



**Fuente:** Elaboración propia con el programa IDRISI

**Figura 8** Porción roja del espectro electromagnético



Fuente: Elaboración propia con el programa IDRISI

**Figura 9** Porción infrarrojo cercano del espectro electromagnético



Fuente: Elaboración propia con el programa IDRISI

## 1.1 Ajuste radiométrico

El procedimiento de ajuste radiométrico se realizó porque las dos imágenes fueron tomadas con cinco días de diferencia en el mes de marzo con el objeto de homogeneizar los valores de reflectancia y poder aplicar la función de Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) a la imagen total concatenada.

Generalmente la restauración de imágenes se divide en dos grandes subáreas: restauración radiométrica y restauración geométrica. La restauración radiométrica se utiliza cuando existen diferencias en las imágenes debido a cambios en el sensor, diferencias en las características solares a través del tiempo, efectos atmosféricos, efectos topográficos, manchas o líneas faltantes.

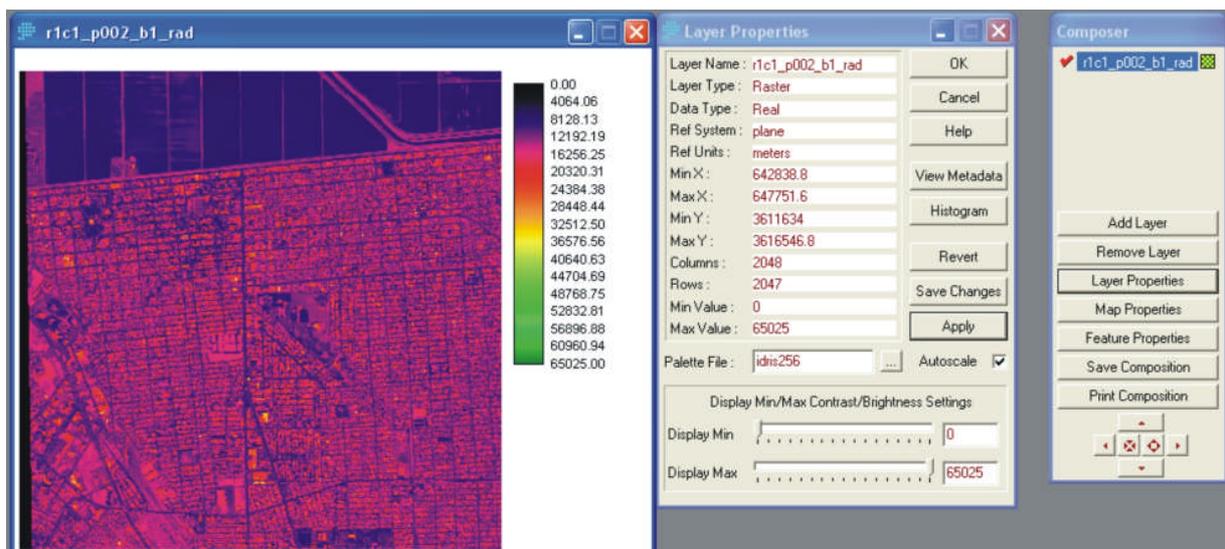
Cuando las imágenes son tomadas de manera separada o en tiempos diferentes los niveles absolutos de reflectancia de objetos medidos pueden ser distintos, por lo que es necesario calibrarlos, para lo cuál se requiere normalizar los ángulos solares y las distancias de la tierra al sol.

El valor de los píxeles de los satélites comerciales representa la reflectancia de la superficie de los objetos en forma de números digitales (ND), los cuales son calibrados para ajustar el rango de valores.

Usualmente los sensores están calibrados de manera que hay una relación lineal entre los ND y la reflectancia espectral. Ésta función lineal es descrita por 3 parámetros: el rango de ND de los valores de la imagen, la reflectancia más baja (Lmin) y la reflectancia más alta (Lmax). Los datos se distribuyen en 8 bit correspondiendo a 256 ND. Lmin es la reflectancia correspondiente al valor ND mínimo (usualmente un valor de 0) y Lmax es la reflectancia correspondiente al ND máximo (usualmente, el valor máximo es de 255).

La reflectancia en el módulo de IDRISI para windows convierte los valores crudos de ND a valores calibrados de reflectancia usando la ecuación:  $L = (L_{max} - L_{min} / 255) ND + L_{min}$ . El comando utilizado fue: Image Processing / Restoration / radiance, y los resultados de la reflectancia (Lmax ) resultaron mucho muy altos, alrededor de 65025, cuando no deberían ser mayores a 255 (ver figura 10), por lo que se decidió mejor trabajar la función de NDVI sección por sección y posteriormente concatenar las imágenes de NDVI.

**Figura 10** Imagen con ajuste radiométrico y valores obtenidos



**Fuente:** Elaboración propia con el programa IDRISI.

## 2. Integración de las bandas b1, b2 y b3 por sección para obtener una imagen completa en color verdadero

Para tener una imagen en color verdadero completa, se integraron las bandas b1, b2 y b3 de cada sección y luego se concatenaron con la función de CONCAT del programa IDRISI (ver figura11).

**Figura 11** Imagen concatenada en color verdadero de la ciudad de Mexicali



**Fuente:** Elaboración propia con el programa IDRISI.

## 3. Integración de las bandas b3 y b4 por sección y procesamiento con la función NDVI COMP

Un índice de vegetación es un número que es generado por la combinación de bandas de imágenes de satélite, que pueden tener relación con la cantidad de vegetación en un determinado píxel. La mayoría están basados en las diferentes interacciones entre la vegetación y la energía electromagnética de la banda roja y cercana infrarroja. De acuerdo a Ray (1994), los índices de vegetación más comunes son:

- Ratio Vegetation Index (RVI)
- Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
- Infrared Percentage Vegetation Index (IPVI)
- Difference Vegetation Index (DVI)
- Perpendicular Vegetation Index (PVI)
- Weighted Difference Vegetation Index (WDVI)

De estos índices se seleccionó el NDVI porque además de estar integrado en el programa IDRISI, es un índice que tiene la ventaja de que su variación es entre -1 a 1, representando la actividad fotosintética cualquier valor positivo arriba de cero, mientras que RVI varía de 0 a infinito. Por otra parte el IPVI aunque también tiene valores restringidos entre 0 y 1, éste índice al igual que el WDVl y PVI son muy sensitivos a las variaciones atmosféricas, requiriéndose regularmente realizar correcciones en las imágenes particularmente cuando son tomadas en fechas diferentes.

El NDVI se calcula de la siguiente manera:  $NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$ ; donde NIR = es la banda Infrarroja cercana y R = la banda Roja. Este tipo de cálculos se realiza en el paquete IDRISI con la función Image processing/Restoration/NDVICOMP, la cuál identifica lo que es vegetación de lo que no es vegetación, a través de valores positivos y negativos; de tal manera que todos los valores positivos resultantes con valores de 0.03 a 0.82 representan la cubierta vegetal (ver figura 12).

Sin embargo, es importante mencionar que aunque con este índice se evita el posible error de confundir el follaje con las sombras cuando se realiza la interpretación visual de las imágenes o fotos aéreas; el NDVI si bien identifica la actividad fotosintética también tiene la limitación que no puede distinguir el follaje de los árboles de otro tipo de vegetación como los arbustos o pastos, requiriendo hacer un levantamiento en campo para determinar las especies representativas o utilizar otras funciones del paquete IDRISI como es la "Clasificación supervisada."

**Figura 12** Imagen con aplicación de NDVI de una sección de Mexicali



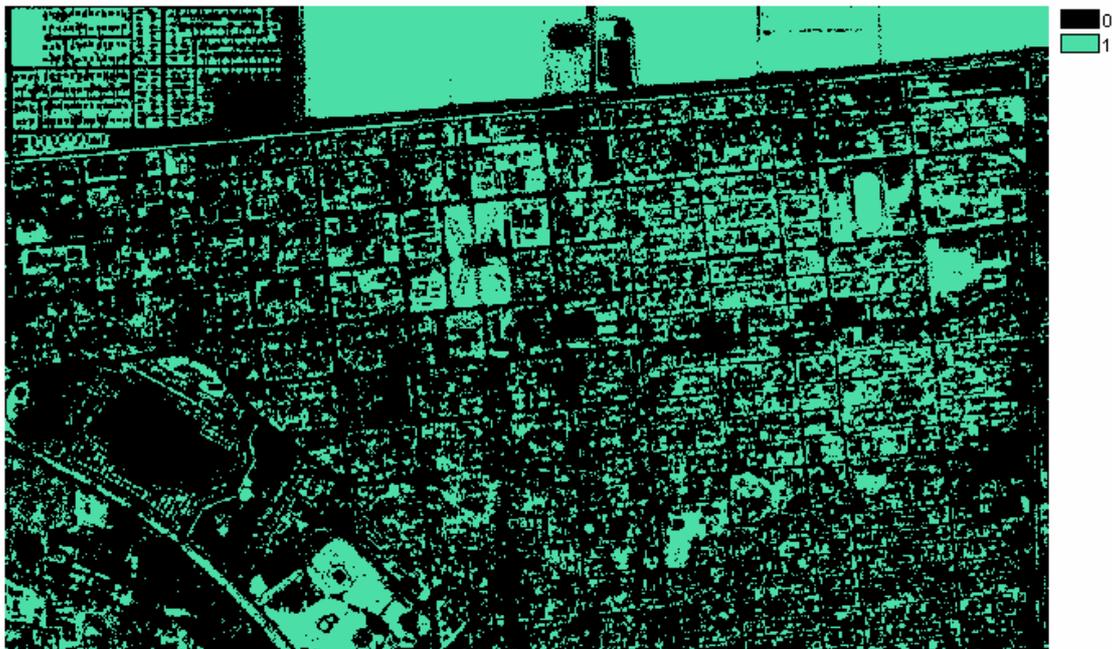
**Fuente:** Elaboración propia con el programa IDRISI.

#### 4. Clasificación de los resultados de las imágenes NDVI en tres rangos, aplicándoles la función RECLASS

Una vez que se realizó la identificación de las áreas verdes a través de la función de NDVI, se tomaron todos los valores positivos que indican que existe una actividad fotosintética y se aplicó la función de RECLASS, la cuál clasifica o reclasifica los datos almacenados en las imágenes o los valores dentro de una nueva categoría integrada. La clasificación se puede dar por división de los datos en rangos de intervalos iguales o parámetros definidos. Para determinar que rango con valores positivos identificaba con mayor precisión la vegetación, se definieron en principio 3 rangos: 0.06 a 0.82; 0.14 a 0.82 y 0.20 a 0.82; generándose una imagen para cada rango en donde todo lo que está dentro del rango aparece en color verde, que representa la vegetación y todo lo que está fuera del rango aparece en color negro (ver figuras 13, 14 y 15).

**Figura 13** Imagen reclasificada con la función RECLASS en el rango 0.08 a 0.82

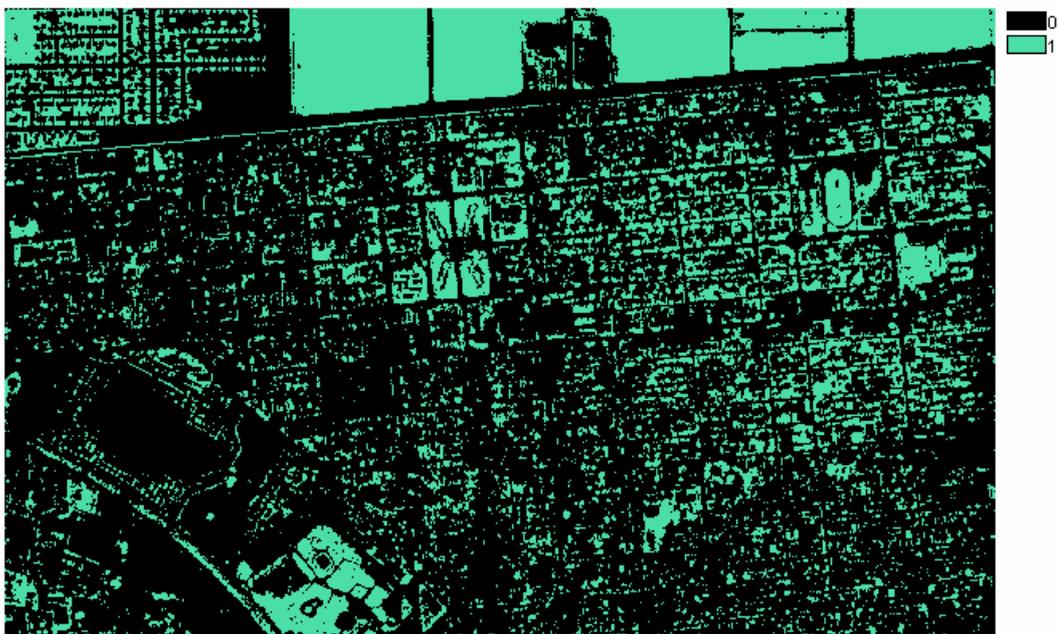
Window from i11bndvib3yb4reclass08 c: 732 r: 351 to c: 1937 r: 110



Fuente: Elaboración propia con el programa IDRISI.

**Figura 14** Imagen reclasificada con la función RECLASS en el rango 0.14 a 0.82

Window from i11bndvib3yb4reclass14 c: 740 r: 353 to c: 1915 r: 110



**Fuente:** Elaboración propia con el programa IDRISI.

**Figura 15** Imagen reclasificada con la función RECLASS en el rango 0.20 a 0.82

Window from ndvi completareclass c: 2920 r: 355 to c: 3930 r: 1105



**Fuente:** Elaboración propia con el programa IDRISI.

## 5. Conversión de raster a vector los resultados de las imágenes RECLASS en los tres rangos

Una vez que se obtuvieron las imágenes reclasificadas para los 3 rangos definidos en las imágenes NDVI, se transformaron de raster a vector sección por sección, con la función REFORMAT/Raster/Vector Conversión/ Polyvec, con la cuál se obtuvieron polígonos de todas las superficies que tenían el valor de 1, correspondiente a la vegetación (ver figura 16).

**Figura 16** Vectorización de áreas verdes a partir de imágenes reclasificadas



**Fuente:** Elaboración propia con el programa IDRISI.

## 6. Sobreposición de las imágenes vectorizadas con los tres rangos sobre la imagen de color verdadero

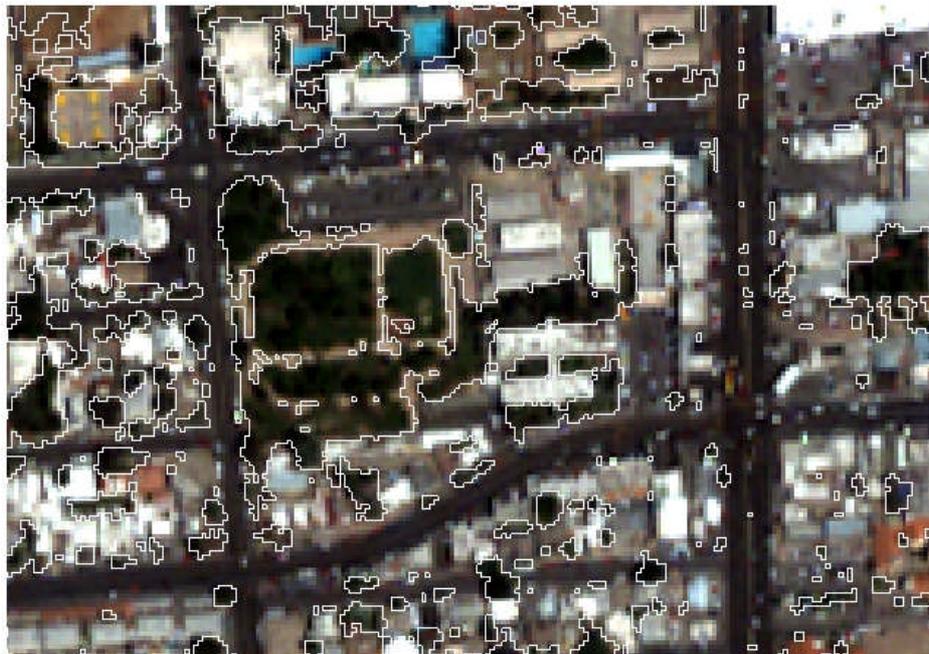
Una vez obtenidas las imágenes vectorizadas de la vegetación, se superpusieron estas imágenes en los 3 rangos definidos con la función RECLASS sobre la imagen de color, con el objeto de determinar cual rango era el que identificaba con mayor precisión las áreas verdes. A partir de la evaluación visual sobre los 3 rangos, se determinó que el que mejor identificaba las áreas verdes era el rango de 0.20 a 0.82 (ver figuras 17,18 y 19).

**Figura 17** Sobreposición de imagen vectorizada con imagen de color verdadero, rango 0.06 a 0.82



**Fuente:** Elaboración propia con el programa IDRISI.

**Figura 18** Sobreposición de imagen vectorizada con imagen de color verdadero, rango 0.14 a 0.82



**Fuente:** Elaboración propia con el programa IDRISI.

**Figura 19** Sobreposición de imagen vectorizada con imagen de color verdadero, rango 0.20 a 0.82



**Fuente:** Elaboración propia con el programa IDRISI.

### **6.1. Clasificación supervisada y No supervisada**

El proceso de clasificación en clases de la imagen de satélite se considera un proceso interactivo en el que cada paso mejora el siguiente. Los dos tipos de Clasificación supervisada y No supervisada son utilizados como enfoques complementarios. La Clasificación no supervisada es una manera rápida de tener conocimiento de las diferentes tipos de reflectancia de las cubiertas que representan los diferentes usos del suelo del área de estudio. En la Clasificación supervisada se seleccionan grupos de píxeles que se verifican en campo para determinar los tipos de especies vegetales denominados “firmas”, para después analizar con base en ellas toda la imagen.

#### *Clasificación no supervisada*

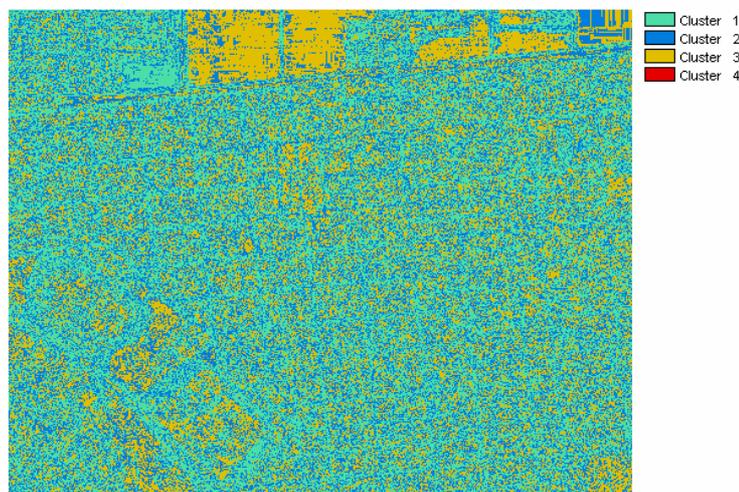
En este enfoque, los patrones espectrales de respuesta dominante que ocurren dentro de una imagen, son extraídos y la información en clases deseada es identificada por un muestreo del suelo. En el programa IDRISI, la Clasificación no supervisada se realizó con el módulo CLUSTER.

El CLUSTER utiliza la técnica del pico o valor más alto del histograma, donde el pico es el valor de mayor frecuencia de los píxeles. Una vez que el valor pico ha sido identificado, todos los posibles valores son asignados al valor alto mas cercano. Así la división entre clases tiende a caer en los puntos medios entre los picos, por lo tanto esta técnica no requiere de hacer estimaciones a priori del número de clusters que una imagen tiene.

El CLUSTER evalúa un histograma tridimensional de 3 bandas (azul, verde y roja) representada en una imagen de composición de color. Al aplicar el CLUSTER del menú: Image/Processing/Hard Classifiers, se escogió primero la generalización BROAD y luego FINE que crea una clasificación de mayor número de clases.

Los resultados de esta clasificación en clases en la opción BROAD se obtuvieron 4 clases (ver figura 20) y en la opción FINE se obtuvieron 27 clases (ver figura 21), pero en ninguna de las dos se pudo determinar de forma clara y precisa cual clase representaba la cubierta vegetal, por lo que se procedió a realizar una Clasificación supervisada, identificando sitios de entrenamiento para el desarrollo de firmas.

**Figura 20** Imagen aplicando la Clasificación no supervisada BROAD



**Fuente:** Elaboración propia con el programa IDRISI.

**Figura 21** Imagen aplicando la Clasificación no supervisada FINE



**Fuente:** Elaboración propia con el programa IDRISI.

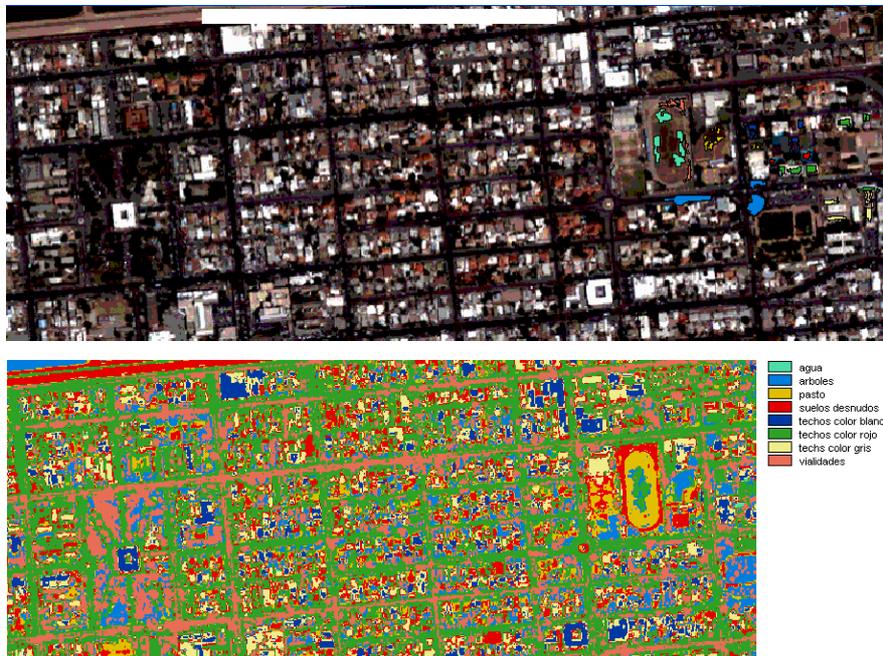
### Clasificación supervisada

Con base en la imagen de color, se identificaron 8 tipos básicos de superficies (agua, árboles pasto, suelos desnudos, techos color blanco, techos color rojo, techos color gris y vialidades) con los cuáles se seleccionaron clases o sitios de entrenamiento, que después fueron visitados en sitio para corroborar sus características. Para cada sitio de entrenamiento se aseguró digitalizar un número suficiente de píxeles, los cuales de acuerdo al Manual de IDRISI deben ser al menos 10 por cada banda de la imagen a clasificar. Así para una imagen de cuatro bandas se deberán escoger una superficie que contenga al menos 40 píxeles en cada sitio de entrenamiento y entre mayor número de píxeles es mejor, siempre y cuando se asegure que se refiere al mismo tipo de cubierta. También es recomendable tener varios sitios de entrenamiento no solo uno, por lo que se escogieron al menos tres sitios para cada uno de ocho tipos de cubiertas (ver figuras 22 y 23).

El resultado no fue satisfactorio, en virtud de que las clases de “árboles” y “pastos” no aparecían claramente identificadas, en algunas áreas la clase de “árboles” aparecían mezclados con “vialidades” y la mayoría de las “vialidades” aparecían como la clase de “techos color rojo” respecto a las otras clases por lo que se decidió trabajar por secciones con la aplicación de NDVI para identificar la cubierta vegetal.

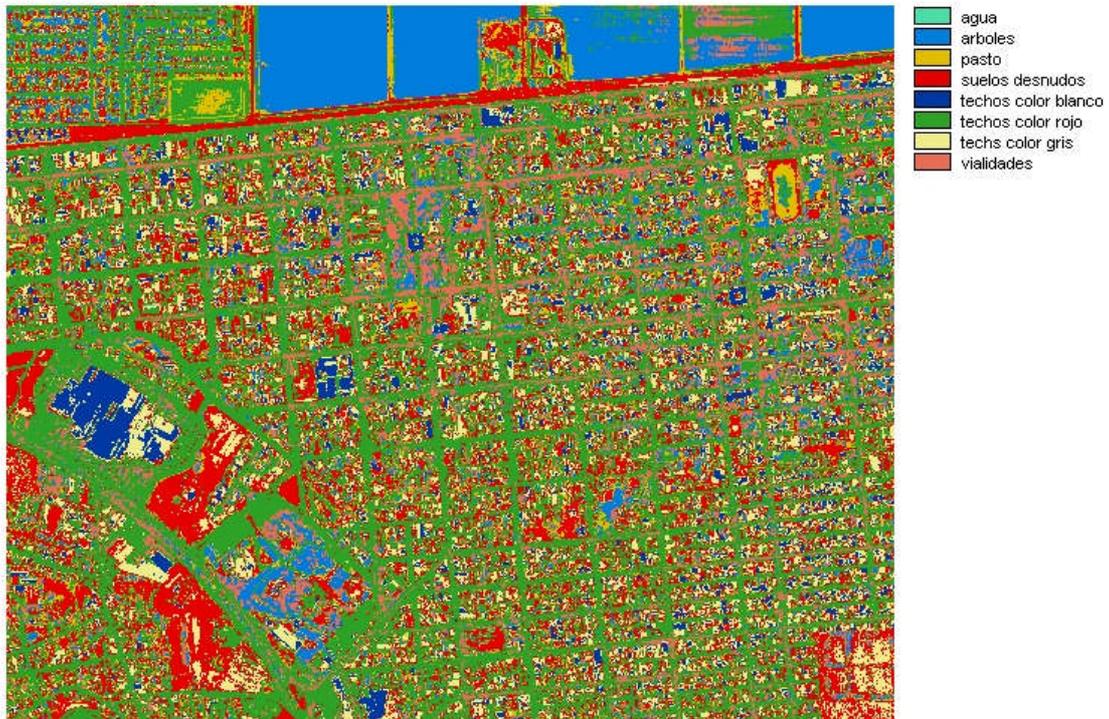
Figura 22 Imagen de color con sitios de entrenamiento identificados

## Clasificación supervisada



Fuente: Elaboración propia con el programa IDRISI.

**Figura 23** Clasificación supervisada con 8 clases identificadas



Fuente: Elaboración propia con el programa IDRISI.

## 7. Concatenación de todas las secciones de vectores con rango 0.20 a 0.82

Dado que no fue posible realizar la identificación de la cubierta vegetal a través de la función de Clasificación supervisada, se decidió trabajar con las secciones vectorizadas de la vegetación e integrarlas en una sola imagen a través de la función CONCAT del programa IDRISI, y sobreponerla sobre la imagen de color con el objeto de caracterizar los tipos de áreas verdes (ver figura 24) (Los vectores aparecen en color amarillo para resaltarlos de la imagen de color).

**Figura 24** Sobreposición de vegetación vectorizada en imagen de color



Fuente: Elaboración propia con el paquete IDRISI.

## 8. Creación de un Sistema de Información Geográfica en MapInfo

Para la elaboración de un Sistema de Información Geográfica se utilizó el programa Mapinfo, apoyándose en la imagen de color, la vectorización de las áreas verdes y 2 bases de datos: un inventario realizado por el Municipio de Mexicali de áreas verdes del 2004, que comprende: Jardines vecinales, glorietas y camellones y una base de datos del Gobierno del Estado de Baja California de equipamiento educativo del 2005, que comprende escuelas públicas y privadas de nivel preescolar, básico, secundaria y preparatoria.

A partir de la información recabada, se identificaron los diferentes tipos de áreas verdes a nivel de subsistema, a los cuales se asoció una base de datos (ver tabla 3) utilizando la clasificación de áreas verdes urbanas propuesta en el Capítulo 1.

**Tabla 3** Base de datos por tipo de área verde identificada

Información por tipo de espacio	Ejemplo
Tipo de espacio	Público
Sistema	Espacios verdes para el equipamiento
Subsistema	Recreación
Elemento	Jardín vecinal
Nombre	Parque Hidalgo
Localización	Av. Pino Suárez y calle "L"
Superficie	13,253 m <sup>2</sup>
Tipo de vegetación	Yucateco, eucalipto, pasto bermuda
Observaciones	Buen estado y mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

En suma, la utilización de imágenes de satélite multiespectrales son una herramienta eficiente y precisa en la identificación de las áreas verdes urbanas, a través del uso de índices de vegetación como el NDVI, que registra la actividad fotosintética de las plantas, evitando los problemas de interpretación que presentan las fotos aéreas, como es el caso de la sombra y fronda de los árboles que pueden confundirse; además de la ventaja de poder integrarse en un Sistema de Información Geográfica que permite realizar diversos estudios espacio temporales y su interrelación con otras variables urbanas. Sin embargo, es importante también considerar las limitaciones que presentan, como es el caso de identificar los tipos de especies vegetales, aún que se utilicen imágenes de alta resolución y una Clasificación supervisada, lo cual requiere de apoyarse en trabajo de campo; asimismo considerar las variaciones y ajustes que pueden tener las imágenes por haberse tomado en fechas diferentes. Por último es importante destacar, que en áreas de estudio muy grandes es más conveniente trabajar los procesos por secciones pequeñas y luego integrarlas, porque aunque se repita el proceso varias veces es más rápido que trabajar con toda el área de estudio integrada.

## **ANEXO 2. TIPOLOGÍA DE ÁREAS VERDES URBANAS DE MEXICALI, B. C.**

Este anexo comprende un reporte fotográfico que ilustra los diversos elementos que integran las áreas verdes urbanas de la ciudad de Mexicali, de acuerdo a la clasificación propuesta en la Tabla 1.2-1, organizados por tipo (público o privado), sistema y subsistema.

**Tipo:** Áreas Verdes Públicas  
**Sistema:** Áreas Verdes para el Equipamiento Urbano  
**Subsistema:** RECREACIÓN



Juegos infantiles - Colonia Hidalgo



Juegos infantiles – Fraccionamiento Villas del Rey

**Tipo:** Áreas Verdes Públicas  
**Sistema:** Áreas Verdes para el Equipamiento Urbano  
**Subsistema:** RECREACIÓN



Jardín vecinal - Fraccionamiento Cataviña



Jardín vecinal Fraccionamiento Las Lomas

**Tipo:** Áreas Verdes Públicas  
**Sistema:** Áreas Verdes para el Equipamiento Urbano  
**Subsistema:** RECREACIÓN



Parque de barrio - Jardines del Lago



Parque de barrio - Villas del Pedregal

**Tipo:** Áreas Verdes Públicas  
**Sistema:** Áreas Verdes para el Equipamiento Urbano  
**Subsistema:** RECREACIÓN



Parque urbano – Vicente Guerrero



Área de feria y exposiciones- FEX

**Tipo:** Áreas Verdes Públicas  
**Sistema:** Áreas Verdes para el Equipamiento Urbano  
**Subsistema:** DEPORTES



Unidad deportiva - Nacozeni



Alberca deportiva municipal - Calle "I"

**Tipo:** Áreas Verdes Públicas  
**Sistema:** Áreas Verdes para el Equipamiento Urbano  
**Subsistema:** DEPORTES



Ciudad deportiva de Mexicali



Gimnasio – Ernesto Aguilar

**Tipo:** Áreas Verdes Públicas  
**Sistema:** Áreas Verdes para el Equipamiento Urbano  
**Subsistema:** DEPORTES



Edificios Públicos – Palacio Municipal



Escuela primaria pública - Colonia Roma

**Tipo:** Áreas Verdes Públicas  
**Sistema:** Áreas Verdes para el Equipamiento Urbano  
**Subsistema:** OTRO TIPO DE EQUIPAMIENTO



Panteón municipal



Panteón municipal

**Tipo:** Áreas Verdes Públicas  
**Sistema:** Áreas Verdes Funcionales  
**Subsistema:** VIAL



Vegetación en vialidades – Av. Colón\_ Línea Internacional



Vegetación en glorietas - Sánchez Taboada

**Tipo:** Áreas Verdes Públicas  
**Sistema:** Áreas Verdes Funcionales  
**Subsistema:** VIAL



Vegetación en camellones – Av. Benito Juárez



Vegetación en camellones – Blvd. MaCristy

**Tipo:** Áreas Verdes Públicas  
**Sistema:** Áreas Verdes Funcionales  
**Subsistema:** VIAL



Vegetación en Banquetas - Col. Nueva



Vegetación en Banquetas - Col. El Lienzo

**Tipo:** Áreas Verdes Públicas  
**Sistema:** Áreas Verdes Naturales y Naturales Acondicionadas  
**Subsistema:** NATURAL



Cuerpo de agua – Laguna Campestre



Río Nuevo

**Tipo:** Áreas Verdes Públicas  
**Sistema:** Áreas Verdes Naturales y Naturales Acondicionadas  
**Subsistema:** NATURAL ACONDICIONADO



Represo – Laguna México



Dren – Colonia Villas del Rey

**Tipo:** Áreas Verdes Públicas  
**Sistema:** Áreas Verdes Naturales y Naturales Acondicionadas  
**Subsistema:** NATURAL ACONDICIONADO



Canal – Independencia



Canal – Independencia

**Tipo:** Áreas Verdes Privadas  
**Sistema:** Áreas Verdes Productivas  
**Subsistema:** AGROPECUARIO



Parcelas cultivadas



Establos

**Tipo:** Áreas Verdes Privadas  
**Sistema:** Áreas Verdes Productivas  
**Subsistema:** AGROPECUARIO



Parcelas cultivadas y establos



Viveros

**Tipo:** Áreas Verdes Privadas  
**Sistema:** Áreas Verdes Productivas  
**Subsistema:** INDUSTRIAL



Industria - BenQ



Zona industrial PIMSA – Empresa Lancer

**Tipo:** Áreas Verdes Privadas  
**Sistema:** Áreas Verdes Productivas  
**Subsistema:** COMERCIAL



Centro Comercial – Fiesta



Corredor comercial - Av. Benito Juárez

**Tipo:** Áreas Verdes Privadas  
**Sistema:** Áreas Verdes Productivas  
**Subsistema:** TURISTICO



Hotel – Calafia



Club de Golf – Campestre

**Tipo:** Áreas Verdes Privadas  
**Sistema:** Áreas Verdes Privadas  
**Subsistema:** HABITACIONAL



Vivienda Residencial



Vivienda Residencial

**Tipo:** Áreas Verdes Privadas  
**Sistema:** Áreas Verdes Privadas  
**Subsistema:** HABITACIONAL



Vivienda media



Vivienda media

**Tipo:** Áreas Verdes Privadas  
**Sistema:** Áreas Verdes Privadas  
**Subsistema:** HABITACIONAL



Vivienda de interés social



Vivienda de interés social

**Tipo:** Áreas Verdes Privadas  
**Sistema:** Áreas Verdes Privadas  
**Subsistema:** HABITACIONAL



Vivienda Popular



Vivienda Popular

**Tipo:** Áreas Verdes Privadas  
**Sistema:** Áreas Verdes Privadas

**Subsistema:** OTROS DE ACCESO PRIVADO



Club Deportivo – Bancali



CETYS Universidad

**Tipo:** Áreas Verdes Privadas  
**Sistema:** Áreas Verdes Privadas

**Subsistema:** OTROS DE ACCESO PRIVADO



Cementerio privado – Jardín de la Esperanza



Oficinas Av. Brasil

**Tipo:** Áreas Verdes Privadas  
**Sistema:** Áreas Verdes Privadas  
**Subsistema:** PREDIOS BALDIOS



Baldíos urbanizados – Reserva urbana



Baldíos urbanizados – Reserva urbana

**Tipo:** Áreas Verdes Privadas  
**Sistema:** Áreas Verdes Privadas  
**Subsistema:** PREDIOS BALDIOS



Baldíos no urbanizados – Reserva urbana



Baldíos no urbanizados – Reserva urbana