



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA

“Validación de una propuesta metodológica para
evaluar árboles de alto riesgo”

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :

BIÓLOGO

PRESENTA:

JESÚS FLORES HERNANDEZ

DIRECTOR DE TESIS:

DR. HÉCTOR MARIO BENAVIDES MEZA



2011



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.

**A Juanito Batalla (†) y Marichuy (†)
porque entendieron, respetaron y alentaron
mí vocación por los árboles.**

DEDICATORIAS

A mí compañera de vida, Sandy y a mis amores Ana Paula y Juan Alejandro por haberme permitido permanecer a su lado a pesar de todo, esta tesis es suya, los quiero mucho.

A mis hermanos José Antonio (†), Juan Manuel, Lourdes, Mauricio, Víctor, Javier y Ricardo porque son una parte fundamental de mi vida, con ustedes compartí momentos felices e inolvidables de la infancia y ahora cada cual en su estado de vida aunque a veces distantes seguimos unidos por algo invisible e innegable pero muy fuerte que es la Hermandad.

A mis tíos Adela, Juan Gabriel, Lupita y Javier por el cariño, experiencias y cuidados que me dan hasta la fecha; los llevo en mi corazón.

A mis sobrinos Lalis, Viris, Wendy, Dieguito, Freduko, Fany, Chintia, Pao, Christian, Andrea, Jean Paul, Natalia y al que viene en camino, porque forman parte de la siguiente generación a la que le debemos heredar árboles sanos entre muchas otras cosas.

A Diann, Fab, May y Vane, que han sido las mejores y más eficientes compañeras del instituto, porque me han impulsado constantemente a terminar este trabajo, pero sobre todo por su amistad ingenio y buen humor que tanto he disfrutado estos últimos años. A Paula, Margarita, María Elena y Alejandro mis amigos de la carrera a los que ya no veo pero sé que están ahí. "Los amigos nunca están lejos"

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, otrora ENEP, que permitió mi formación académica y que cuando regrese me permite terminar el proceso que había dejado pendiente por muchos años.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, particularmente al Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales, a la Dirección del Bosque de Chapultepec y al Fideicomiso Pro-Bosque de Chapultepec por el apoyo que permitió la realización del proyecto “Diagnóstico de la Vegetación Arbórea de la 1ª Sección y Evaluación del Arbolado de Alto Riesgo en la 2ª y 3ª Sección del Bosque de Chapultepec”, en el cual se incluyó la realización de este trabajo.

A mi director de tesis, Dr. Héctor M. Benavides Meza por sus conocimientos, observaciones y dirección pero sobre todo por su paciencia para este su “tesista latente” para la realización de esta tesis y a mí amigo Héctor M. Benavides Meza porque siempre ha confiado en mí.

Al la Dra. Silvia Romero Rangel y al M. en C. Ezequiel Carlos Rojas Zenteno por los consejos otorgados en este trabajo; por su tiempo, disponibilidad y apoyo para poder finalizarlo.

A los profesores Patricia Olvera Coronel y Francisco Resendiz Martínez, porque aunque nunca me dieron clases en un aula, aprendo de ellos en la convivencia diaria.

A Citlali, Nancy e Iskra por la colaboración en el trabajo en campo y en gabinete que en ocasiones fue pesado pero gratificante para quienes amamos los árboles.

CONTENIDO

	Página
RESÚMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. OBJETIVOS.....	6
3. ANTECEDENTES.....	7
3.1 La Ciudad de México y desarrollo urbano.....	7
3.2 Áreas Verdes Urbanas	8
3.3 Dasonomía Urbana	9
3.4 Arbolado de Alto Riesgo.....	15
3.4.1 Características estructurales en el arbolado de alto riesgo.....	18
3.4.2 Metodologías para la evaluación de árboles de alto riesgo.....	33
3.4.3 Metodología de evaluación desarrollada por el INIFAP	35
3.4.4 Inventarios	51
4. MATERIALES Y MÉTODOS	56
4.1 Área de estudio	56
4.2 Muestreo	58
5. RESULTADOS	60
5.1 Resultados por zona.....	60
5.2 Resultados por categoría.....	67
5.3 Resultados por especie	72
6. DISCUSIÓN	73
7. CONCLUSIONES.....	78
8. RECOMENDACIONES.....	79
9. BIBLIOGRAFIA.....	81
10. APÉNDICE	87

Índice de Cuadros

Página

Cuadro 1a. Condiciones que se definieron dentro de la categoría de árboles muertos para la evaluación de árboles de alto riesgo.....	35
Cuadro 1b. Condiciones que se definieron dentro de la categoría de árboles vivos para la evaluación de árboles de alto riesgo.....	38
Cuadro 1c. Condiciones que se definieron dentro de la categoría de árboles en declinación para la evaluación de árboles de alto riesgo.....	40
Cuadro 1d. Condiciones que se definieron dentro de la categoría de sanidad del tronco para la evaluación de árboles de alto riesgo.....	48
Cuadro 1e. Condiciones que se definieron dentro de la categoría de ubicación para la evaluación de árboles de alto riesgo.	51
Cuadro 2. Número y porcentaje relativo de árboles de alto riesgo en cada categoría y condición en la zona 1 de la 3ª Sección del Bosque de Chapultepec.....	61
Cuadro 3. Número y porcentaje relativo de árboles de alto riesgo en cada categoría y condición en la zona 2 de la 3ª Sección del Bosque de Chapultepec.....	62
Cuadro 4. Número y porcentaje relativo de árboles de alto riesgo en cada categoría y condición en la zona 3 de la 3ª Sección del Bosque de Chapultepec.....	63
Cuadro 5. Número y porcentaje relativo de árboles de alto riesgo en cada categoría y condición en la zona 4 de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.....	64
Cuadro 6. Número y porcentaje relativo de árboles de alto riesgo en cada categoría y condición en la zona 5 de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.....	65
Cuadro 7. Número y porcentaje relativo de árboles de alto riesgo en cada categoría y condición en la zona 6 de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.....	66
Cuadro 8. Número y porcentaje relativo de árboles de alto riesgo en cada categoría y condición en la zona 7 de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.....	67
Cuadro 9. Número de árboles por especie que fueron registrados en la categoría de alto riesgo en la 2ª y 3ª Sección del Bosque de Chapultepec.....	72

Índice de Figuras

	Páginas
Figura 1. Área Verde Urbana dentro del Distrito Federal.....	8
Figura 2. Árbol de Alto Riesgo ubicado en la cercanía de una vialidad y con la posibilidad de alcanzar un objetivo.....	15
Figura 3. Afectación del sistema radical del arbolado por obras.....	17
Figura 4. Árbol con ramas de inserción débil.	18
Figura 5. Unión de rama al tronco con desarrollo de corteza incluida.	19
Figura 6. Desgarre provocado por el viento a partir de un punto de inserción débil de la rama.....	20
Figura 7. Esquema del modelo C.O.D.I.T.(Compartmentalization Of Decay In Tree) que explica un mecanismo de defensa del árbol.	21
Figura 8 y 9 Imágenes del modelo C.O.D.I.T. (Compartmentalization Of Decay In Tree) en <i>Eucalyptus sp.</i>	22
Figura 10. Excesivo adelgazamiento y desproporción entre tronco y copa; efecto “cola de león).	23
Figura 11. Tronco defectuoso (rajadura) con inclinación hacia la vialidad.....	25
Figura 12. Tronco defectuoso (deformación) con inclinación hacia la vialidad.	26
Figura 13. Tronco con zonas de madera de reacción.	27
Figura 14. Árbol con tronco inclinado.....	28
Figura 15. Copa desbalanceada a causa de una poda mal realizada para liberar cables de conducción de energía eléctrica.	30
Figura 16. Pudrición en el cuello de la raíz en un árbol.....	31
Figura 17. Árbol muerto inclinado en el Bosque de Chapultepec.....	36
Figura 18. Árbol muerto vertical en el Bosque de Chapultepec.....	37
Figura 19. Árbol vivo que presenta una inclinación de 30° a 45° en el Bosque de Chapultepec	38
Figura 20. Árbol con ramas de inserción débil o con corteza incluida.	39

Figura 21. Árbol con ramas de gran diámetro en el Bosque de Chapultepec.....	39
Figura 22. Árbol vigoroso ubicado en la 2ª sección del Bosque de Chapultepec.	41
Figura 23. Árbol con declinación incipiente en el Bosque de Chapultepec.....	41
Figura 24. Árbol con declinación moderada en el Bosque de Chapultepec.	42
Figura 25. Árbol con declinación avanzada en el Bosque de Chapultepec.	43
Figura 26. Árbol con declinación severa en el Bosque de Chapultepec.....	44
Figura 27. Galerías realizadas por descortezadores	45
Figura 28. Resinación provocada por el ataque de descortezadores.....	46
Figura 29. Presencia de cuerpos fructíferos de hongos en la base del tronco	46
Figura 30. Pudrición en el cuello de la raíz.	50
Figura 31. Zonificación de la Tercera Sección del Bosque de Chapultepec.....	57
Figura 32. Zonificación de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec.....	58
Figura 33. Número de individuos que fueron registrados en las claves que corresponden a árboles vivos en la 2ª y 3ª sección del Bosque de Chapultepec.....	68
Figura 34. Número de individuos que fueron registrados en las claves que corresponden a árboles muertos en la 2ª y 3ª sección del Bosque de Chapultepec.	69
Figura 35. Número de individuos que fueron registrados en las claves que corresponden a árboles con algún grado de declinación en la 2ª y 3ª sección del Bosque de Chapultepec.....	70
Figura 36. Número de individuos que fueron registrados en las claves que corresponden a árboles con alguna condición sanitaria en el tronco en la 2ª y 3ª sección del Bosque de Chapultepec.....	71

VALIDACIÓN DE UNA PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EVALUAR ÁRBOLES DE ALTO RIESGO

RESUMEN

Los árboles de alto riesgo, caracterizados por su estructura, dimensiones y ubicación deben ser detectados y evaluados pues ponen en peligro tanto a las personas como sus bienes. Con el fin de contar con un procedimiento eficaz para su revisión, se validó una metodología generada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) que permita determinar su condición mediante la aplicación de un formato sustentado con base en las características de los árboles de alto riesgo. Dicho formato está dividido en tres secciones, de las cuales la primera se refiere a la categoría y condición del árbol, es decir su aspecto (muerto, vivo o declinante) y su estructura (inclinado, vertical) o grado de declinación y describe lo más detallado posible la situación que corresponda a cada categoría/condición, con el fin de dar una mayor precisión en el proceso de evaluación.

Así mismo presenta una clave alfanumérica que identifica cada condición, con el fin de facilitar la captura de la información tanto en campo como en gabinete. La segunda sección observa y evalúa la sanidad del árbol y la tercera sección refiere su ubicación. Finalmente asigna un puntaje que pondera el riesgo que representa cada árbol bajo revisión y que aumenta en relación con la peligrosidad del individuo arbóreo, estableciendo 50 puntos como el mínimo requerido para proceder a su derribo.

La metodología y utilidad del formato se validó mediante un inventario por objetivo en la segunda y tercera secciones del Bosque de Chapultepec, las cuales se dividieron en 7 zonas. Se reportan resultados obtenidos por zona donde por su extensión la zona 5 contiene 637 árboles de riesgo mientras que la zona 4 es la de menor número con 75 árboles peligrosos. Así mismo se reportan resultados obtenidos por clave, los cuales muestran que la categoría con mayor frecuencia es la de árboles de riesgo vivos con 1141, seguida de la categoría de árboles de riesgo muertos con 532 individuos. Continúa la categoría de árboles riesgosos por declinación con 359 árboles y finalmente aparecen los organismos en los que su peligrosidad es debida a su estado sanitario (plagas y enfermedades). La validación de la metodología y el formato permitieron dictaminar en una forma más precisa la condición de alto riesgo en el arbolado y dan pauta a las recomendaciones pertinentes para el retiro o la poda a fin de disminuir o eliminar su peligrosidad.

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de urbanización de la sociedad contemporánea ha desbordado los límites históricos de sus emplazamientos provocando un deterioro y desequilibrio ambiental. Para evitar esta situación una ciudad requiere de una correcta planeación en la prestación de servicios que necesita para su buen funcionamiento, por lo que se deben planear y proyectar lo mejor posible y entre estos destacan por citar algunos, las redes de agua potable, drenaje, alineación y trazo de vialidades, instalación de líneas de conducción de energía eléctrica y telefónicas, pavimentación, alumbrado público, así como el arbolado y áreas verdes urbanas.

El arbolado urbano y la vegetación asociada a este, constituye uno de los servicios que deben ser proporcionados por las autoridades delegacionales o municipales, en razón de los servicios ambientales y de los beneficios tangibles e intangibles que aportan y que mejoran el ambiente de la ciudad así como la calidad de vida de sus habitantes.

El arbolado urbano y vegetación asociada constituye en su conjunto el bosque urbano, el cual se encuentra a lo largo de las banquetas de calles y avenidas, como arbolado de alineación, así como en parques, jardines, cementerios, derechos de vía, y otras áreas verdes o espacios abiertos de índole pública (Benavides, 1989).

En el bosque urbano pueden encontrarse áreas de valor ambiental, localizadas dentro de los límites de la ciudad y en las cuales predominan especies de flora arbórea y arbustiva con presencia de vida silvestre asociada y representativa en algunos casos, de las especies vegetales del lugar (endémicas), así como especies introducidas y que en su conjunto permiten mejorar el valor ambiental, estético, científico, educativo, recreativo, histórico o turístico del lugar e incluso, como en el caso de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México su extensión y características

contribuyen a mantener su calidad ambiental. Asimismo son ecosistemas que ofrecen servicios ambientales importantes para la Ciudad de México, el área metropolitana y sus visitantes, cuyos espacios promueven la convivencia social e incentivan la práctica de actividades deportivas, culturales y de esparcimiento (Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2008).

La relación social con el bosque y los servicios que este ofrece han experimentado modificaciones a lo largo de la historia. La incorporación de los nuevos conceptos del valor total de los bosques y la ampliación de su marco de interés desde las ciencias forestales hacia otros agentes sociales y otras disciplinas del conocimiento, han abierto la puerta a una apreciación renovada de los servicios ofrecidos por los sistemas forestales (Ruiz y García, 2007).

La planeación, diseño, establecimiento y mantenimiento del bosque urbano no siempre son las adecuadas, por lo que no se favorece el desarrollo idóneo de las especies seleccionadas para tal fin, el crecimiento natural de los árboles se altera en su estructura y función, por lo que muy a menudo se presentan individuos que se denominan como arbolado de alto riesgo, los cuales pueden provocar daños y perjuicios a los habitantes en su persona o en sus pertenencias, muebles o inmuebles. El retiro de estos árboles se constituye en una necesidad preventiva y en ocasiones correctiva, que debe ser atendida por las autoridades competentes, pero que frecuentemente está delegada a empresas particulares que realizan los trabajos sin estudios previos y sin supervisión.

Actualmente en la Ciudad de México existe una reglamentación contenida en la Norma Ambiental NADF-001-RNAT-2006, publicada el 8 de diciembre del 2006 (Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2006), la cual indica los requerimientos y procedimientos para obtener la autorización para realizar podas, derribos,

trasplantes y restitución de árboles. Así mismo en dicha norma se refiere lo concerniente al derribo o poda de árboles de alto riesgo, lo anterior se encuentra enmarcado en un anexo técnico que consta de 42 puntos que deben ser solventados con respuestas proporcionadas por un Dictaminador Técnico, el cual debe estar certificado por la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México.

No obstante lo anterior, en dicho anexo técnico si bien da la pauta para una evaluación de los árboles de alto riesgo, sigue siendo muy subjetiva pues no cuenta con una escala ordinal que de un respaldo o indicador al dictaminador para proceder en consecuencia. Aunado a lo anterior, lamentablemente se presenta un limitado número de dictaminadores técnicos en las delegaciones, lo cual retarda la pronta y en ocasiones urgente atención que requiere un árbol de alto riesgo para ser podado o derribado.

Aunque no es un objetivo primordial del presente trabajo analizar el formato técnico de la norma vigente, si se mencionarán los puntos donde al no precisar materiales, métodos y criterios, el formato se torna confuso y poco definitorio respecto a las acciones a seguir en lo referente al arbolado de alto riesgo.

La metodología validada que se relaciona con este proyecto fue generada inicialmente por el Dr. Héctor Benavides Meza, investigador titular del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), que se fundamentó en las categorías y condiciones de alto riesgo más frecuentemente encontradas en el arbolado urbano, derivadas muchas de ellas de las condiciones en que creció y los factores bióticos y abióticos que influyeron en el mismo, lo que redundaba en una condición que hace necesario determinar el estado real de riesgo. La evaluación anterior se complementa con la ubicación y objetivos que podría dañar

un árbol con su posible caída (escuelas, casas habitación, áreas recreativas, vialidades o vía pública).

La información puntual y precisa que puede proporcionar la metodología que se validó, agilizaría la evaluación y proporcionaría parámetros de referencia para definir la acción a seguir respecto a lo que a simple vista es evidente, (pero difícil de cuantificar) para los ciudadanos que a diario “conviven” con estos árboles riesgosos, mismos que en cualquier momento pueden causar daños irreparables.

2. OBJETIVOS

Realizar la revisión del arbolado de la segunda y tercera secciones del Bosque de Chapultepec para determinar la presencia de este tipo de árboles.

Evaluar la utilidad de la propuesta metodológica elaborada por el INIFAP para la determinación de árboles de alto riesgo.

Determinar la aplicabilidad de la propuesta metodológica para generar recomendaciones con fines operativos que permitan la atención de estos árboles.

3. ANTECEDENTES

3.1 Ciudad de México y Desarrollo Urbano

El desmedido crecimiento de la Ciudad de México ha llevado a conformar lo que se conoce como el Área Metropolitana de la Ciudad de México, la cual comprende el Distrito Federal, un municipio del estado de Hidalgo y 40 municipios del estado de México, como Naucalpan, Ecatepec, Chalco, Tlalnepantla y Nezahualcóyotl entre otros.

Los gobiernos han puesto en práctica durante años una política de centralización que ha tenido como consecuencia la concentración en el Distrito Federal de todas las dependencias oficiales, los corporativos bancarios y las instituciones financieras, los órganos de dirección económica y política y los centros de enseñanza superior. El Distrito Federal se convirtió en el mayor mercado de consumo, con una densidad de población en el año 2005 de 5871 habitantes por km² por lo que es la zona metropolitana más poblada del mundo (INEGI, 2005).

Algunas consecuencias del crecimiento desmesurado de la ciudad son la creciente contaminación, el exceso de tránsito, la falta de seguridad en las calles y la insuficiencia de servicios públicos, especialmente la escasez de agua, drenaje, transporte público y vivienda.

Todo lo anterior conlleva una designación enorme de recursos financieros, por lo que en consecuencia se descuidan otros rubros como son las áreas verdes urbanas, que resultan afectadas en su establecimiento, mantenimiento y recuperación.

Dentro de la misma problemática en lo que se refiere a las áreas verdes urbanas, "cuando no se selecciona la especie adecuada al sitio de plantación" (Benavides, com. pers.) y por la falta de un correcto manejo, provoca el desarrollo de arbolado

que en el futuro se puede constituir en arbolado de alto riesgo. A lo anterior se adiciona el patrón de circulación de vientos en la ciudad, donde en la temporada seca presenta una característica importante: un vórtice (remolino) se forma muy cerca del centro del Distrito Federal, lo cual se debe a el efecto conocido como “isla de calor”, situación meteorológica generada por el aumento de la temperatura del suelo de tipo urbano, con materiales de construcción de cemento y asfalto (GDF-SMA, 2006; Jáuregui, 2000), lo que provoca ráfagas de viento que en el año de 1984 registró velocidades de hasta 83.2 km/h en la estación de Tacubaya (Jáuregui, 2000), lo que provoca la caída intempestiva de árboles que tienen las características antes mencionadas.

3.2 Áreas Verdes Urbanas

Definición

Las áreas verdes urbanas (Figura 1) están definidas en la Norma Ambiental PROY-NADF-006-RNAT-2004, como “toda superficie cubierta de vegetación, natural o inducida que se localice en el Distrito Federal”, es decir, aquéllas que se localizan en suelo urbano, el cual está delimitado por los programas de desarrollo urbano delegacionales (Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2004; GDF-SMA, 2009).



Figura 1.- Área verde urbana.

Como prueba de la importancia de la vegetación, en todas las épocas las autoridades han tratado de dejar un testimonio de su preocupación por lograr que la ciudad tenga más y mejores áreas verdes. Los ejemplos son numerosos; uno de ellos nos relata que el emperador Maximiliano extendió el entonces Paseo de la Emperatriz (hoy Paseo de la Reforma) hasta las puertas de Chapultepec, considerando una gran plantación en dicha vía, la cual fue completada por el presidente Sebastián Lerdo de Tejada, quien dio a esa avenida la magnificencia que la ha caracterizado. Pero quizá la muestra más elocuente sea la realizada por Porfirio Díaz, ya que durante su mandato fueron reforestadas todas las calles y plazas y dio a la ciudad de México una de sus épocas mejor arboladas (Sarmiento, 1998).

3.3 Dasonomía Urbana

Nuestra ciudad confronta cada día un mayor deterioro ambiental, derivado de sus intensas actividades económicas, sociales y políticas. Ante esta situación, es cada vez más urgente determinar mejores estrategias para amortiguar este deterioro.

Entre las muchas variables que influyen en el bienestar de las comunidades esta la presencia de las áreas verdes, siendo lo mejor que éstas sean suficientes y bien manejadas, es decir, bajo un enfoque planificado, integrado y sistemático en donde el manejo de los árboles y arbustos es uno de los puntos centrales.

La dasonomía urbana es una disciplina que proporciona las herramientas técnicas, directrices y lineamientos que ayudan a dar el mejor manejo a las áreas verdes urbanas y se define como una de las disciplinas forestales que se relaciona con el estudio, conservación y manejo del bosque urbano, con el fin de obtener un beneficio permanente del mismo por medio de su cultivo y aprovechamiento (Benavides, 1989).

Jorgensen (1970) comenta que la dasonomía urbana es una rama especializada de la actividad forestal, que tiene por objeto el cultivo y manejo de los árboles urbanos por su contribución presente y futura en el bienestar fisiológico, social y económico de la sociedad urbana. Esta contribución incluye el efecto de los árboles en el ambiente, así como su valor de amenidad y recreación.

Beneficios Ambientales

Una adecuada selección de organismos vegetales para las calles y avenidas proporcionarán un amortiguamiento en los cambios de temperatura, pues las áreas con plantas o cubiertas por pasto dispersan la luz y la radiación y absorben la radiación solar mediante el proceso de evo-transpiración (Robinette, 1972). Al crear barreras rompevientos que disminuyen la velocidad del viento, permiten que la temperatura sea estable y los cambios microclimáticos sean mínimos. Los edificios, el pavimento y la vegetación son superficies de intercambio térmico entre la atmósfera y el suelo urbano.

La estructura arbórea urbana influye de manera cuantificable sobre la temperatura en diferentes lugares de la ciudad. Las temperaturas máximas registradas en los espacios verdes de las zonas edificadas pueden ser 3°C inferiores a las que existen fuera de aquellos (Saito, Ishihara y Katayama, 1991).

El bosque urbano también actúa como depurador de algunos contaminantes atmosféricos y del polvo. Los contaminantes sólidos pueden quedar fijados o ser disueltos especialmente en condiciones de humedad y los contaminantes gaseosos pueden quedar atrapados en los estomas de las hojas durante el proceso de intercambio gaseoso (Cardelino y Chemaides, 1990).

La efectividad de las plantas para controlar el ruido, estará en función del tipo de sonido, los decibeles, la fuente emisora, las condiciones climáticas y las características de las propias especies seleccionadas, ya que el sonido será absorbido o reflejado por las hojas, ramas y el propio fuste de los árboles y arbustos que conformen la barrera o pantalla acústica (Robinette, 1972).

Beneficios de Salud Pública

Van estrechamente relacionados con los beneficios ambientales, ya que entre mejores sean las condiciones de cuidado y mantenimiento de la vegetación urbana, aumentará la utilización de estas áreas verdes para la realización de ejercicios físicos al aire libre.

Los pacientes en hospitales han mostrado recuperarse más rápidamente de cirugías cuando desde sus habitaciones se ven árboles. En general ayuda a disminuir los niveles de estrés excitación y ansiedad pues cuando se observan imágenes de paisajes arbolados se pueden provocar en los pacientes, sensaciones de calma, balance y reflexión (Driver, et al. 1978).

Beneficios Recreativos

Se convierten en uno de los beneficios más evidentes pues es la forma en que el habitante de la ciudad mantiene un contacto con la naturaleza. La creación y el mantenimiento de parques, jardines y prados cobra una gran importancia, pues ante la imposibilidad de visitar áreas naturales fuera de la ciudad, los habitantes recurrirán a estos espacios urbanos para realizar sus actividades de esparcimiento.

La importancia de lo anterior se acrecienta en las zonas populares de escasos recursos económicos, pues sus pobladores difícilmente cuentan con dinero para destinarlo a la recreación en zonas alejadas de la ciudad y gran parte de su tiempo libre lo utilizan en visitar lugares dentro de la misma como son los parques,

zoológicos, museos o sitios de interés histórico, cultural o recreativo (Benavides, 1989).

Beneficios Económicos

Un terreno aumenta su valía en la medida que contenga elementos arbóreos en una proporción razonable y sin que estos lleguen a representar una obstrucción para futuras construcciones. En aquellas zonas climáticas donde las temperaturas extremas obliguen a contar con un sistema de aire acondicionado, el ahorro energético y monetario se verá disminuido gracias a los elementos arbóreos que por su ubicación proporcionen una sombra y protección contra los vientos a la construcción (Gray y Deneke, 1978).

Usos Estéticos

La vegetación en el medio urbano se ha venido empleando por profesionistas encargados de planear, diseñar y construir y que en las plantas han encontrado un buen recurso para sus propósitos como lo cita Robinette (1972): aparte de sus atractivos inherentes, la vegetación mediante sus flores y frutos atrae personas, aves y otros mamíferos; puede ser usada para proporcionar la sensación de armonía y uniformidad o para enfatizar, acentuar y puntualizar elementos constructivos, pues de acuerdo a la forma color y distribución de especies de plantas utilizadas dentro de un área se puede resaltar que un sitio tiene una importancia especial.

La textura, tamaño, forma y color de las plantas puede ser usado para variar (reducir o agrandar) la escala de percepción de los edificios.

La falta de políticas encaminadas a mejorar la calidad y el mantenimiento de las áreas verdes en la Ciudad de México, aunado a la demanda de predios para el desarrollo de todo género de construcciones y edificios provocan la pérdida de innumerables espacios abiertos. Ante este panorama debemos de orientar nuestra

atención hacia los organismos vegetales ubicados en las banquetas y avenidas conocidos técnicamente como "arbolado de alineación", ya que este pudiera proporcionar grandes extensiones lineales de bosque urbano sin requerir de los demandados y escasos espacios abiertos.

El arbolado tiene un rol importante para toda la humanidad, participa cada vez más de la idea del entorno ideal y esto se debe a que los beneficios que nos presta mejoran notablemente la calidad de vida ciudadana. De ahí su importancia y lo que debemos saber al respecto. Por un lado integra un paisaje heterogéneo armonizando los distintos tipos de construcción y por el otro nos presenta al conjunto con alternativas siempre cambiantes de color y forma que hacen del paisaje algo vivo.

Es por todos estos motivos que el árbol en la ciudad es un bien comunitario y su mantenimiento y conservación son función pública, surge de esto que los servicios que nos presta la vegetación urbana son servicios públicos y la comunidad es la responsable de cuidar de los mismos. Su función también consiste en realizar trabajos de mantenimiento y/o recuperación de los ejemplares en mal estado o peligroso y en el último de los casos la extracción y reposición de los organismos irrecuperables.

Cuando se corta un cable viejo o se rompe un caño se puede poner otro nuevo, porque el viejo vale menos, está usado y dejará tarde o temprano de cumplir con su función, pero en el árbol ocurre todo lo contrario, a medida que es más antiguo, es más valioso y nos presta más y mejores beneficios, es prácticamente imposible reemplazarlo convenientemente. Algunos de ellos cobran referencia histórica, otros son por sí mismos verdaderos monumentos a la vida y los más, aunque no sean nunca individualizados participan en la conformación del paisaje urbano.

Daños que provoca el arbolado

Es importante considerar que además de los beneficios que el arbolado urbano genera, este puede también provocar problemas en el ambiente urbano, como son la interferencia que ocasionan las copas de los árboles con las líneas aéreas de energía eléctrica, televisión y teléfono o, la obstrucción de las luminarias; la excesiva basura en la época de defoliación, el rompimiento de las banquetas, guarniciones y arroyos viales. Los árboles pueden ocasionar daños estructurales a edificios e infraestructuras, consumir demasiada agua y obstruir la energía solar, aunado a que pueden proveer de lugares para tiraderos clandestinos de basura así como para realizar actos vandálicos.

El arbolado de alineación también puede constituir un problema cuando el espacio y manejo no han sido los correctos. Esto nos remite a una situación inicial como puede ser desde la elección misma del lugar de plantación, así como la especie arbórea seleccionada.

Un primer aspecto de esta problemática es la obstrucción que provocan las copas de los árboles con el cableado eléctrico y telefónico y a las luminarias del alumbrado público. En sitios donde el espacio de plantación o de la cepa no es el adecuado para el buen desarrollo de las raíces de las especies plantadas, puede ocurrir un rompimiento de las banquetas, guarniciones, arroyos viales e incluso este daño puede ser provocado a las construcciones y casas habitación próximas.

Tampoco resulta raro el hecho de que en las épocas del año en las que aumenta la velocidad del viento en forma considerable, ocurran caídas de grandes ramas o árboles, que por sus dimensiones gran altura y su copa desbalanceada son susceptibles a fracturarse o bien pudieran tratarse de organismos que estaban muertos y no fueron retirados a tiempo y esto provoque su caída.

Los árboles pueden influir también en la formación de un contaminante secundario, como es el ozono. Según un modelo matemático en un día de junio en Atlanta Georgia, la disminución de la cubierta arbórea en un 20% incrementaría las concentraciones máximas de ozono de 123 ppb a 140 ppb, debido principalmente a un aumento en la temperatura de 2°C (Cardelino y Chemaides, 1990).

Con base en lo anterior se considera que es responsabilidad de los dueños, arboristas y autoridades ciudadanas el identificar, vigilar y corregir él o los árboles que se lleguen a constituir en un peligro.

3.4 Arbolado de Alto Riesgo

Los árboles pueden ser peligrosos ya sea por su estructura completa o por una de sus partes, que pueden caer y lesionar a personas o dañar los bienes muebles o inmuebles. En estas situaciones se denominan los árboles como un riesgo, para significar el peligro que implica su presencia (Figura 2). Mientras cada árbol tiene el potencial de caerse, solo unos pocos lo hacen sobre algo o alguien (Matheny y Clark, 1994).



Figura 2.- Árbol de alto riesgo ubicado en la cercanía de una vialidad y con la posibilidad de alcanzar un objetivo.

Los accidentes con árboles de alto riesgo están inherentemente relacionados con cuatro condiciones:

- 1) La probabilidad de resquebrajamiento del árbol.
- 2) La probabilidad de que cuando el resquebrajamiento ocurra, golpee o impacte a un objetivo.
- 3) El daño potencial del posible resquebrajamiento.
- 4) El valor de los bienes muebles e inmuebles afectados.

Cuando uno de estos factores es bajo o mínimo, el riesgo disminuye (Paine, 1971).

Los árboles en el medio urbano están expuestos a múltiples factores adversos como pueden ser la contaminación, los daños mecánicos, deshidratación, compactación del suelo, radiación solar excesiva causada por pavimento y superficies reflejantes; además el arbolado de alto riesgo se encuentra afectado con mayor relevancia por los fuertes vendavales y ráfagas de viento.

Otro factor que puede ocasionar que un árbol se constituya en árbol de alto riesgo es el referente a los sistemas radiculares, ya que éstos se encuentran limitados por la falta de espacio, los suelos poco profundos o las excavaciones por obras (Figura 3). La dificultad del daño en las raíces radica en que este no es perceptible a simple vista por encontrarse en la parte enterrada del árbol, aunado a lo anterior si la relación entre la apariencia de la copa y el daño en la raíz es mínima no habrá evidencia del problema, lo que repercutirá en una disminución del potencial de anclaje del sistema radicular (Wessolly, 1996).



Figura 3.- Afectación del sistema radical del arbolado por obras.

El término “estática de los árboles” se creó en los años 80 del siglo XX, cuando el Dr. Wessolly, ingeniero que lideraba el proyecto “Construcciones ligeras en la naturaleza” en la Universidad de Stuttgart y el Arq. Paisajista Sinn, trabajaron en un método que permitiese determinar la seguridad de los árboles causandoles el menor daño posible (Brudi, 2001).

El término estática está definido como la rama de la mecánica referente al equilibrio de los cuerpos en la interacción de las fuerzas ejercidas sobre los mismos. Incorpora el estudio del centro de gravedad y el momento de inercia. En un estado de equilibrio todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo se contrabalancean por fuerzas iguales y opuestas, manteniendo por lo tanto el cuerpo en reposo.

Los árboles solitarios ramificados desde la base, tienen más carga estática durante un vendaval. Las hojas, ramas y ramillas amortiguan la amplitud de oscilación

mientras que los árboles con tallos delgados y copas pequeñas están más expuestos a los balanceos, por lo que aumenta el riesgo de caída.

3.4.1 Características estructurales que se presentan en el arbolado de alto riesgo

1.-Ramas de inserción débil

La inserción débil ocurre cuando múltiples ramas surgen en un punto y el ángulo de conexión es angosto (Figura 4). Árboles con ramas múltiples, ángulos angostos, ramas de diámetro similar al tronco y ramas con corteza incluida, son estructuralmente débiles pues no desarrollan uniones fuertes.



Figura 4.- Árbol con ramas de inserción débil.

La corteza incluida es una de las principales causas que pueden dar origen a este defecto en el desarrollo de los árboles, lo cual ocurre cuando determinadas ramas crecen en una dirección tan vertical que se presionan contra el tronco quedando la corteza "atrapada" e impidiendo un anclaje correcto de la rama. Las ramas con

corteza incluida tienen una tendencia al desgarre, lo que puede ocasionar accidentes, tanto más graves cuanto mayor sea el diámetro y el peso de la rama desgarrada (Figura 5) (Smiley, 2003).

La inserción de las ramas será fuerte sólo si el tronco y éstas son componentes desiguales en el tamaño, es decir, las ramas no deben ser más grandes que el mismo fuste, así como el que exista un espacio disponible en forma suficiente para la ampliación de la rama en forma vertical y radial y finalmente, si el ángulo de la rama es lo suficientemente amplio para permitir un desarrollo adecuado de la rama que se manifiesta en una cicatriz o bordo de inserción de corteza de la rama y no haya corteza de inclusión.



Figura 5.- Unión de rama al tronco con desarrollo de corteza incluida.

Una conexión fuerte está caracterizada porque la rama es más pequeña en diámetro que el del tallo principal y los ángulos de conexión son amplios. Por definición, los árboles con tallos codominantes presentan un defecto estructural y la gravedad de

esto se incrementa cuando presentan corteza incluida, copas grandes y ocurren vientos fuertes (Figura 6) (Matheny y Clark, 1994).



Figura 6.- Desgarre provocado por el viento a partir de un punto de inserción débil de la rama.

2.-Capacidad de compartimentalización

Los árboles difieren en su capacidad de compartimentalizar los daños mecánicos y la pudrición, es decir, la posibilidad de construir obstáculos químicos y físicos para limitar la extensión de la afectación. Este proceso ocurre cuando un árbol es herido y como respuesta se activa un mecanismo para el reforzamiento el cual consta de cuatro barreras físicas, tres de ellas preexistentes y una más de nueva generación (Figura 7), (Shigo, 1984).

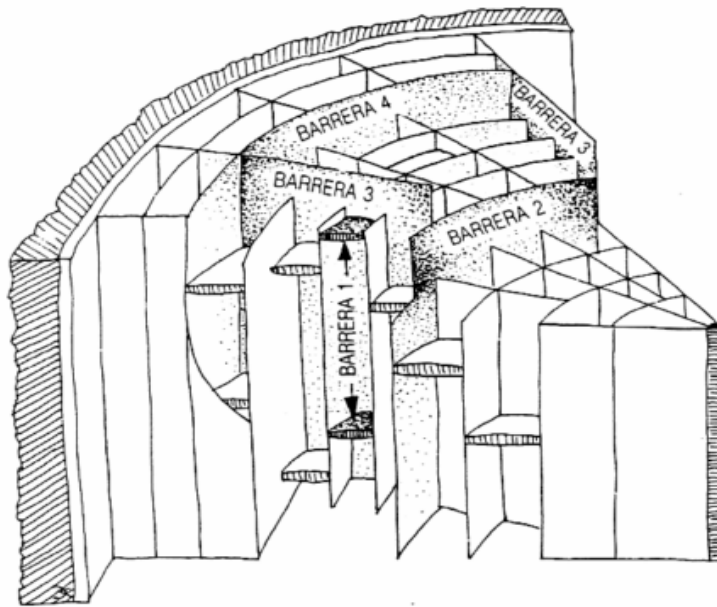


Figura 7.- Esquema del modelo C.O.D.I.T. (Compartmentalization Of Decay In Tree) que explica uno de los mecanismos de defensa del árbol. Fuente: Alex Shigo "In memoriam".

Las barreras que se refieren en este mecanismo de respuesta son:

Barrera 1.- Impide la expansión vertical de microorganismos pues se taponan los vasos y traqueidas. Las células adyacentes a los conductos, por el fenómeno de tilosis, taponan la luz de los vasos (de manera parcial) y estos dejan de ser funcionales.

Barrera 2.- Frena el avance frontal. Esta barrera está formada por parénquima axial de los anillos de crecimiento. Son células modificadas con suberina en sus paredes.

Barrera 3.- Detiene el avance lateral pues esta barrera está formada por los radios medulares. Si falla genera un hueco en el árbol.

Barrera 4.- Se origina por la actividad del cambium para aislar la madera infectada de la sana mediante una capa impermeable a hongos y bacterias, formada por células suberificadas.

Un árbol puede compensar un defecto si tiene vitalidad y si las altas tensiones y deformaciones han sido detectadas por el cambium (Shigo, 1986); aunque un árbol puede no ser siempre lo bastante vigoroso como para depositar esta madera extra. Quizás incluso la calidad de su madera -resistencia y rigidez- puede no ser tan buena como debiera debido a la vitalidad disminuida (Wessolly y Erb, 1998).

La variación en esta respuesta ocurre dentro de una misma especie y entre las especies. Por ejemplo, la secuoya (*Sequoia sempervirens*) y el roble de Virginia (*Quercus virginiana*) son compartimentalizadores fuertes; en cambio el álamo (*Populus sp*) y el roble laurel (*Quercus laurifolia*) son compartimentalizadores débiles. El vigor de los árboles también influirá en la habilidad de compartimentalizar sus heridas (Figura 8 y 9).



Figura 8 y 9.- Imágenes del modelo C.O.D.I.T. (Compartmentalization Of Decay In Tree) en *Eucalyptus sp.*

3.-Adelgazamiento

Los tallos que se adelgazan pueden mejorar la habilidad para soportar la presión vertical y lateral porque distribuyen la tensión a través de su longitud. Los troncos con una buena proporción de su adelgazamiento, distribuyen la tensión uniformemente a lo largo de su longitud. En contraste, un excesivo adelgazamiento concentra la tensión en áreas muy localizadas, creando así un área de debilidad entre el tronco y la copa (efecto de cola de león) (Figura 10). Los árboles que crecen cercanos generalmente tienen adelgazamientos excesivos, comparados con árboles cultivados con una mayor separación entre ellos. Los árboles en un rodal con poco espacio entre individuos son propensos a fracturarse cuando a éstos grupos se les realiza un aclareo, exponiendo de esta manera a algunos de los árboles. En algunas especies las ramas más delgadas son propensas a estropearse si hay demasiado peso al final de la rama y más si la rama debe aguantar el peso de la nieve y el hielo.



Figura 10.- Excesivo adelgazamiento y desproporción entre tronco y copa, efecto "cola de león".

Las ramas con buen estrechamiento pueden distribuir la presión de cargas adicionales a lo largo de su longitud (Matheny y Clark, 1994).

4.- Rajaduras

Las rajaduras de crecimiento son las rupturas normales de la corteza y no indican defecto, sin embargo, se debe distinguir entre las fisuras que son el resultado de una consecuencia normal del crecimiento y aquellas que representan defectos en la estructura.

Muchos árboles desarrollan rajaduras en las que la corteza exterior se parte, pero el cambium y la madera están sanas, tal y como ocurre con el aile (*Alnus* sp), donde las rajaduras de crecimiento no son un defecto. En contraste, las rajaduras dentro de la madera pueden ser relacionadas con fracturas parciales y su deterioro. Las rajaduras que se extienden dentro de la madera en troncos o ramas son los defectos más graves y están relacionadas con la pudrición. La extensión de alguna parte del deterioro debe ser evaluada como parte importante dentro de la valoración. Las rajaduras en ramas anexas tienen un potencial de fractura alto y requieren de acción inmediata (Figura 11) (Matheny y Clark, 1994).



Figura 11.- Tallo defectuoso (rajadura) con inclinación hacia la vialidad.

Las ramas y los troncos pueden tener fisuras en el interior sin que se presente una señal obvia externa. Shigo (1986) atribuye el origen de estos defectos a cortes al ras, raíces podridas y otras heridas.

5.-Deformaciones

Son cualquier interrupción en la continuidad del tallo o rama reduciendo la fuerza estructural en su conjunto (Figura 12). Las deformaciones externas como úlceras, agallas, cinchado, cables, estacas, etcétera y heridas (atribuibles al vandalismo y a los daños mecánicos), también pueden reducir la estabilidad del árbol, porque reducen la fuerza de la madera, la traslocación interna y la habilidad para compartimentar.



Figura 12.- Tallo defectuoso (deformación) con inclinación hacia la vialidad.

Varias observaciones específicas ayudan a delinear tallos con defectos. Las agallas compuestas de tejidos desorganizados, así como agallas bacterianas de la copa, son consideradas defectos importantes cuando están en más del 50 % de la circunferencia del tallo o la rama afectada (muerta y/o podrida). Existen otros factores agravantes como la inclinación, el peso total y la exposición, los cuales también deben ser considerados. Los barrenadores en úlceras y agallas pueden quitar fuerza e incrementar el potencial de fractura (Matheny y Clark, 1994).

6.-Madera de reacción

Una manera en que los árboles responden al estrés mecánico es a través de la producción de madera de reacción. Éstos son elementos de xilema secundarios especializados, con paredes celulares más gruesas y células más pequeñas que se forman normalmente en partes de los troncos curvados o inclinados así como en la inserción de las ramas, cuando el árbol intenta recuperar su posición original si esta ha sido modificada (Sociedad Española de Ciencias Forestales, 2005). Los árboles

latifoliados producen madera de reacción de tracción, caracterizada por tener una densidad menor y propiedades físico-mecánicas distintas a la madera normal. Por su parte las coníferas producen madera de reacción de compresión la cual es más ligera en peso y más débil de lo normal, atribuible a paredes celulares finas, menos fibras e índices de crecimiento rápidos. La madera de reacción tiene características mecánicas inferiores a la normal lo que provoca una condición que incrementa el potencial de fractura bajo cargas de tensión (Figura 13) (Wagener, 1963; Chan, et al.2002).

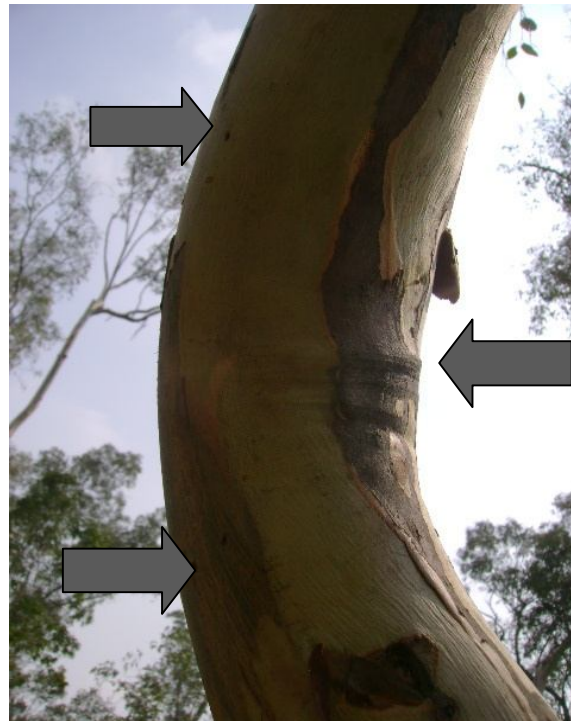


Figura 13.- Tronco con zonas con madera de reacción.

7.-Inclinación

Para que los árboles puedan permanecer y desarrollarse adecuadamente, deben ser mecánicamente confiables y tener un factor razonable de seguridad. Los árboles que se desarrollan en una pendiente o lugares inclinados pueden ser tan fuertes y estables como los árboles verticales pero su potencial de fractura aumenta (Niklas,

2002). Esto es atribuible al desarrollo de la madera de reacción y se compensa con el crecimiento de la raíz. Árboles con troncos poco inclinados y crecimientos verticales superiores son llamados de autocorrección. Pueden existir árboles que han estado inclinados durante varios años pero pueden haberse ajustado a la inclinación, por lo que el potencial de fractura es menor (Figura 14).

Estos árboles pueden ser identificados porque la copa regresa a la posición vertical, (autocorrección) por lo que en estos árboles es poco probable que ocurra una fractura sin la presencia de otros factores que contribuyan a ese problema. Un ejemplo de inclinación natural se presenta en árboles que están en el borde de un rodal. Tales árboles no son propensos a la fractura a menos que los árboles adyacentes sean retirados, exponiendo al árbol inclinado a la desacostumbrada presión del viento (Johnson, 1981).



Figura 14.- Árbol con tronco inclinado.

Una pudrición en el plano de la inclinación incrementa el potencial de fractura. Los árboles que se inclinan debido a rupturas del suelo o una lesión en la raíz tienen un

potencial alto de fractura y deben ser retirados lo antes posible. Las señales de problemas inmediatos son, el amontonamiento y/o rompimiento detrás de la inclinación.

La inclinación del tronco deja de ser riesgosa después de 75° , debido a que la distancia de recorrido en una caída entre el tronco y el suelo disminuye así como también el impacto.

8.-Desarrollo de Copas

Los cambios en la forma de la copa son una parte normal del desarrollo del árbol y expresan los incrementos conforme a la edad, así como la respuesta a las condiciones y factores del lugar. Sin embargo, cuando los cambios son drásticos (desmoches y podas excesivas) se promueve el brote de ramas de inserción débil, aumentan las probabilidades de ser infestadas por insectos y enfermedades y aumenta el número de ramas rotas en la copa, por lo que tal cambio eleva la condición de riesgo (Karlovich, et al. 2000). Adicionalmente las podas excesivas alteran el balance y la forma natural del árbol (Figura 15). Normalmente las ramas verticales que se vuelven a una orientación horizontal, con el paso del tiempo y la edad, son más propensas a la fractura. Las ramas que antes se encontraban orientadas hacia la sombra y que por aclareo son expuestas al sol, pueden añadir peso y con el tiempo incrementar la tensión sobre la unión de la rama al tronco principal. Los árboles que se desarrollan al borde de rodales podrían fracturarse si el peso excesivo de su copa se desarrolla hacia un solo lado (Johnson 1981).



Figura 15.- Copa desbalanceada a causa de una poda mal realizada para liberar cables de conducción de energía eléctrica.

9.-Problemas en las raíces

La función mecánica de las raíces es la de anclaje y proveer una mayor resistencia ante vendavales. Paine (1971) reportó en California al hongo *Armillaria melea* como el responsable de causar tal daño en las raíces y la base del tronco que aun sin un viento fuerte y sin estar los árboles muertos estos pueden caer por la tarde o las primeras horas de la noche después de un día moderadamente caluroso y seco. Algunos agentes causan daños en el sistema radical lo que incrementa la posibilidad de fractura (Johnson, 1981). La pudrición de raíces avanza desde abajo hacia arriba y puede o no producir síntomas visibles en la copa. Algunos hongos pueden atacar específicamente las raíces, sin embargo una vez establecidos también pueden atacar la base del árbol (Luley, 2006), lo que ocasiona la caída repentina e inevitable del árbol sin importar el tamaño y ubicación del mismo.



Figura 16.- Pudrición en el cuello de la raíz en un árbol.

Estructura y Desarrollo

Todos los árboles tienen un lapso de vida finito y su muerte no está programada interiormente; sin embargo, los arboristas deben ser conscientes de que los modelos de crecimiento del árbol cambian con la edad (Clark, 1983). Cuando los árboles crecen y se hacen viejos pueden disminuir la capacidad de compartimentalizar madera luego de una lesión o de una pudrición, proceso por el cual un árbol se protege de la entrada de organismos parásitos y que fue descrito por el Dr. Alex Shigo en el año 1977. Además algunos árboles al envejecer tienen una mayor tendencia a perder ramas debido a una disminución en la calidad de la madera (Graham, 1990). En algunas ocasiones, la pérdida del control apical ocurre cuando los árboles excurrentes envejecen, favoreciendo en estos árboles las copas planas pues el control apical disminuye y el eje central se pierde por lo que el árbol se hace más redondo en su forma.

Un indicio para calcular la vejez en los árboles es el tamaño y en la evaluación del riesgo de los árboles, la edad y el tamaño de los mismos, es de gran importancia y trascendencia, pues los árboles grandes y viejos se resquebrajan más frecuentemente que los árboles jóvenes y pequeños en circunstancias similares.

Paine (1971) notó que cuando los árboles aumentan su diámetro por encima de 76.2 cm son más propensos a resquebrajarse. En la consideración de este modelo de desarrollo, Robbins (1986) sugirió incrementar los índices de riesgo conforme se incrementa la edad de los árboles.

En áreas urbanas los árboles rara vez se desarrollan hasta llegar a su máxima longevidad y su ciclo de vida es mucho menor que cuando se encuentran en un medio natural. Mientras más estresante sea el ambiente en el que crecen, menor será la vida media de los mismos. Un ejemplo de lo anterior se presenta en el *Pinus radiata* (pino de Monterey o radiata), el cual tiene una vida potencial máxima de 150 años aunque un árbol típico se puede morir entre los 80 y 100 años de edad. No obstante lo anterior en las partes orientales del área de la Bahía de San Francisco, los árboles se mueren a los 50 años y en el Valle Central de California, los árboles de ésta especie rara vez sobreviven a los 25 años (Loehle, 1988).

El desarrollo de los árboles también está determinado por dos modelos generales para su ciclo vital, que se describen como: 1) crecimiento rápido, ignorando el desarrollo de defensas y 2) crecimiento lento, desarrollando defensas (Loehle, 1988). Los árboles con el primer modelo de ciclo vital asignan una parte relativamente pequeña de recursos internos a la defensa y dependen de su habilidad de crecer más rápidamente que los agentes patógenos que los atacan. Aun, cuando estos árboles crecen grandes y más complejos, su índice de deterioro es mayor.

Estos árboles no pueden añadir más tejido sano donde los organismos patógenos atacaron, sin embargo, en este punto la fractura estructural es más probable. Estos árboles tienden a ser relativamente efímeros y los ejemplos de este modelo de ciclo vital incluyen a géneros como *Eucaliptus*, *Salix*, *Populus* y *Alnus*.

En el segundo caso los árboles asignan una alta proporción de recursos a la defensa y no obstante estos árboles crecen más despacio, se pueden "defender" contra agentes patógenos y parásitos, compartimentalizando heridas y acumulando

compuestos en las hojas que las hacen no digeribles a la plaga. Estos árboles por lo tanto suelen ser más duraderos y este modelo de ciclo vital es común en la mayoría de las coníferas así como muchos *Quercus* y *Arbutus*.

La condición de alto riesgo se determina por las características que presentan los árboles en su tronco, copa o ambas estructuras. La fractura o desgajamiento de alguna parte del árbol o la caída total del mismo es inherente a condiciones muy específicas y particulares de cada organismo, los cuales se consideraron como los componentes fundamentales para ser evaluados.

3.4.2 Metodologías para la evaluación de arboles de alto riesgo

En otros trabajos enfocados en evaluar la situación de riesgo de los arboles, existe una variedad de directrices utilizadas para realizar dicha evaluación. El Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente de la Ciudad de Bogotá, Colombia, tomo como referencia para sus revisiones un documento elaborado por la International Society of Arboriculture (ISA), el cual se basa en un cuestionario de 14 preguntas (sin valor numérico) sobre la estructura y los antecedentes de podas realizadas al árbol para reconocer el riesgo (www.dama.gov.co/dama/libreria/pdf/silvicultura/6.pdf).

La Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del D.F (PAOT), a través de la Subdirección de Dictámenes y Peritajes Ambientales cuenta con un formato para realizar un dictamen técnico, el cual contiene observaciones muy puntuales sobre la condición del árbol, pero también carece de un puntaje que apoye y de la pauta a las acciones de mantenimiento. Además, debido a la estructura e información requerida en el formato, se hace indispensable que quien lo realice sea personal técnico calificado (www.paot.org.mx/info2008/doc/dicta08/SPA/SPA-SDPA-DT-003-2008.pdf).

El arborista Daniel Rivas, miembro de la AMA (Asociación Mexicana de Arboricultura), desarrollo un instructivo para la Evaluación Dasonómica del Arbolado Urbano, basado en 14 tablas que categorizan la condición general del árbol con una asignación numérica misma que corresponde a ciertos indicadores y solamente en una de las 14 tablas da algunas razones para un posible derribo del árbol.

La evaluación que más se apega a una valoración numérica es la propuesta por Ellison (2005) quien propuso una metodología para realizar una estimación numérica de riesgo basada en diferentes componentes que ocasionan fallas en los arboles, lo que permite a propietarios y manejadores del arbolado operar con un límite de riesgo aceptable.

Como ya fue referido, actualmente en la Ciudad de México existe una reglamentación contenida en la Norma Ambiental NADF-001-RNAT-2006, la cual indica los requerimientos y procedimientos para obtener la autorización para la realización de podas, derribos, trasplantes o restitución de árboles. Así mismo en dicha norma se refiere lo concerniente al derribo o poda de árboles de alto riesgo, lo anterior se encuentra enmarcado en un anexo técnico que consta de 42 puntos que deben ser solventados con respuestas proporcionadas por un Dictaminador Técnico, el cual debe estar certificado por la Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México.

Sin embargo la metodología antes mencionada presenta una serie de inconveniencias, por lo cual en el programa de dasonomía urbana del INIFAP se desarrollo una propuesta para evaluar árboles de alto riesgo (Benavides com. Pers.), que permite identificar con mayor facilidad dichos árboles y asignar una calificación a la característica lo cual le da al árbol la categoría de alto riesgo y permite jerarquizar su peligrosidad así como priorizar la atención requerida.

3.4.3 Metodología de evaluación del INIFAP

Los componentes de la propuesta consideran una serie de categorías y condiciones a las cuales se les asignó una clave alfanumérica y una puntuación que se describen a continuación:

Árboles muertos.- Son organismos que ya no presentan ninguna función vital y en los cuales toda su estructura muestra un evidente deterioro, lo que aumenta el riesgo de fractura y caída pues la pudrición de la madera comienza a debilitar la resistencia mecánica del árbol. El deterioro ocurre más rápidamente en las partes extremas y en el sistema radical, donde las condiciones de humedad la favorecen y el debilitamiento estructural se incrementa conforme pasa el tiempo (Johnson, 1981). Esta categoría es la más riesgosa y se consideraron dos condiciones de evaluación: árboles muertos inclinados (Figura 17) y árboles muertos verticales (Figura 18).

La primera condición se dividió en tres tipos (claves 1a, 1b y 1c) de los cuales el primero se refiere a los árboles muertos con una inclinación menor a 30° ; la segunda modalidad comprendió a los árboles muertos con una inclinación entre 30° y 45° y el tercer apartado fueron los árboles muertos con una inclinación de 45° a 70° (Cuadro 1a). Cabe destacar que Wessolly y Erb (1998) refieren que con tan solo una inclinación de 0.25% de la base del tronco puede incrementarse en un 40% la probabilidad de caída de un árbol.

Categoría	Condición	Descripción	Clave	Puntaje
Árboles Muertos	Inclinados	Con una inclinación no mayor a 30°	1a	60
		Con una inclinación de 30° a 45°	1b	70
		Con una inclinación de 45° a 70°	1c	80
	Verticales	Altura menor a 6 m y 15 cm diámetro	1d	30
		Altura de 6 a 12 m y de 15.10 hasta 30 cm de diámetro	1e	40
		Altura mayor a 12 m y a 30.1 cm de diámetro	1f	50

Cuadro 1a. Condiciones que se definieron dentro de la categoría de árboles muertos para la evaluación de árboles de alto riesgo.

No se consideró como riesgo cuando el árbol presenta una inclinación mayor a 70° pues esta deja de ser peligrosa en extremo, ya que la distancia de caída al suelo se acorta, se disminuye la posibilidad de impacto, la dirección de la misma es muy predecible y la posibilidad de que haya un objetivo es menor.



Figura 17.- Árbol muerto inclinado en el Bosque de Chapultepec.

La segunda condición comprendió a los árboles muertos verticales (claves 1d, 1e y 1f), en los cuales el factor de riesgo no es la inclinación del árbol sino la altura y el diámetro que alcanzó durante su desarrollo. Dentro de ésta condición el primer apartado lo constituyeron los árboles muertos con una altura de hasta 6 m y un diámetro de hasta 15 cm. El segundo apartado comprendió árboles muertos con una altura entre los 6 y hasta los 12 m y un diámetro de 16 y hasta 30 cm. El tercer apartado incluyó a los árboles muertos que alcanzaban una altura mayor a los 12 m y un diámetro mayor a los 30 cm (Cuadro 1a).



Figura 18.- Árbol muerto vertical en el Bosque de Chapultepec.

Árboles vivos.- Esta categoría se subdividió en tres condiciones, de las cuales la primera comprendió a los árboles vivos con una inclinación (claves 2a, 2b y 2c) (Figura 19) y donde el primer apartado lo integraron los árboles con una inclinación

entre 20° y 30°; mientras que el segundo apartado comprendió los árboles con una inclinación entre los 30° y 45° y el tercer apartado fueron los árboles vivos con una inclinación de 45° hasta 70° como se muestra en el cuadro 1b.

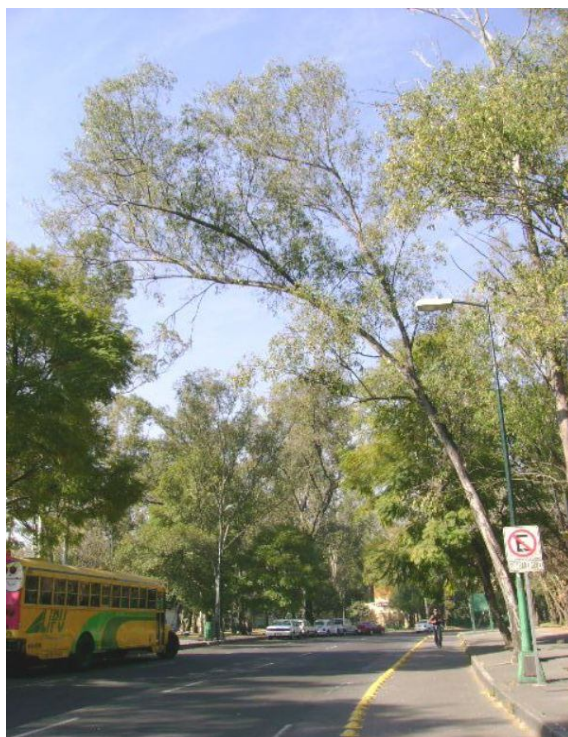


Figura 19.- Árbol vivo con una inclinación de 30° a 45° en el Bosque de Chapultepec.

Categoría	Condición		Descripción	Clave	Puntaje
Árboles Vivos	Inclinados		Con una inclinación de 20° a 30°	2a	40
			Con una inclinación de 30° a 45°	2b	50
			Con una inclinación de 45° a 75°	2c	60
	Verticales	Ramas débiles	Ramas con mala inserción al tronco y/o ángulo incorrecto (mayores a 45°), o con corteza incluida	2d	20
		Ramas de gran tamaño	Con diámetro cercano o igual al del tronco principal y de gran longitud	2e	30

Cuadro 1b. Condiciones que se definieron dentro de la categoría de árboles vivos para la evaluación de árboles de alto riesgo.

La segunda condición en los árboles vivos correspondió a aquellos que tuvieran fustes verticales (claves 2d-2e) con ramas que tuvieran un ángulo de inserción no conveniente (mayor de 45°) o corteza incluida (Figura 20). La tercera condición fue la de las ramas con un diámetro cercano o en ocasiones igual al del tronco, donde el riesgo radica en el peso de la rama misma, provocando un serio desequilibrio en el árbol (Figura 21), (Cuadro 1b).



Figura 20.- Árbol con ramas de inserción débil o con corteza incluida.



Figura 21.- Árbol con ramas de gran diámetro en el Bosque de Chapultepec.

Árboles declinantes.- En esta categoría se consideran a aquellos individuos que presentan una evidente disminución en su vigor provocado por diversos factores bióticos y abióticos, lo cual pone en riesgo su desarrollo y permanencia (claves 3a, 3b, 3c y 3d). Para la evaluación de este tipo de árboles se consideró una escala de tipo cualitativa ordinal ascendente o descendente entre las condiciones: mayor que (>), menor que (<) o igual (=). En esta escala también se pueden sustituir las condiciones por números, los cuales indican la gravedad de la declinación de los árboles (Duran, 2008).

La evaluación de la declinación de los árboles se sustentó a partir de imágenes y fotografías de árboles vigorosos, es decir individuos con buena estructura de copa, troncos óptimos y buenas condiciones físicas y sanitarias del follaje (Figura 22), los cuales sirvieron como patrones comparativos. Como resultado de dicha comparación se determinaron cuatro condiciones de declinación bajo la siguiente clasificación: incipiente, moderada, avanzada y severa (Cuadro 1c).

Categoría	Condición	Descripción	Clave	Puntaje
Árboles Declinantes	Incipiente	Presencia de follaje en un 70% o más de la copa. Ausencia de hojas en ramas terciarias y puntas de las ramas muertas	3a	20
	Moderada	Presencia de follaje entre un 40% a 70% de la copa. Ausencia de hojas en ramas terciarias, hojas escasas en ramas secundarias. Ramas terciarias y puntas de ramas secundarias muertas	3b	40
	Avanzada	Presencia de follaje entre un 10% a 40% de la copa. Ausencia de hojas en ramas secundarias y terciarias, hojas escasas en ramas primarias. Ramas terciarias, secundarias y puntas de ramas primarias muertas. Brotes de follaje de yemas epicormicas en el tronco	3c	50
	Severa	Presencia de follaje en un 5% a un 10% de la copa, asociado a brotes de yemas epicormicas en la parte media y baja del tronco. Ramas terciarias, secundarias y primarias muertas	3d	60

Cuadro 1c. Condiciones que se definieron dentro de la categoría de árboles en declinación para la evaluación de árboles de alto riesgo.



Figura 22.- Árbol vigoroso ubicado en la 2ª sección del Bosque de Chapultepec.

Declinación incipiente: el árbol presenta una copa con 70% de follaje original y se observa una ausencia de hojas en ramas terciarias y las puntas de éstas están muertas (Cuadro 1c) y (Figura 23).



Figura 23.- Árbol con declinación incipiente en el Bosque de Chapultepec.

Declinación moderada: la copa del árbol presenta entre un 40% a un 70% del follaje original o el que debiera tener un árbol vigoroso. Se presenta una ausencia de hojas en ramas terciarias, hojas escasas en ramas secundarias y las ramas terciarias y puntas de las ramas secundarias están muertas (Cuadro 1c) y (Figura 24).



Figura 24.- Árbol con declinación moderada en el Bosque de Chapultepec.

Declinación avanzada: esta categoría se consideró cuando la copa del árbol presentaba entre un 10% a un 40% del follaje que tendría un árbol vigoroso. Se identifica por la ausencia de hojas en ramas secundarias y terciarias; hojas escasas en ramas primarias y las ramas terciarias, secundarias y puntas de las ramas primarias están muertas. Asimismo se observan en el tronco y en ramas primarias brotes de follaje de yemas epicormicas (Cuadro 1c) y (Figura 25).



Figura 25.- Árbol con declinación avanzada en el Bosque de Chapultepec.

Declinación severa: la copa del árbol presenta entre un 5% a 10% del follaje que debiera tener un árbol vigoroso. Las ramas terciarias, secundarias y primarias están muertas y se observan brotes de yemas epicórmicas en la parte media y baja del tronco (Cuadro 1c) y (Figura 26).



Figura 26.- Árbol con declinación severa en el Bosque de Chapultepec.

Categoría de Sanidad del tronco (Cuadro 1d)

La segunda sección del formato (Cuadro 1d) corresponde a la sanidad del tronco (claves 4^a y hasta 4u), es decir, la presencia y/o efecto de diversos agentes o factores bióticos y abióticos que afectan a los árboles, rasgo por demás relevante en la valoración del riesgo pues puede agravar cualquier categoría considerada en la primera sección. En relación con lo anterior se dio especial atención a la presencia o evidencia de daño o ataque de plagas y enfermedades (insectos y hongos principalmente), así como su intensidad y extensión en los árboles.

La afectación en muchas ocasiones no es evidente y la infestación o ataque puede presentarse en partes no visibles como sería el caso de las pudriciones en el interior del tronco. La presencia de insectos puede indicar que el árbol ha perdido fuerza a causa de otros factores incluyendo enfermedades en la raíz. Entre los insectos más significativos están los descortezadores y barrenadores (Figura 27) a los cuales

comúnmente se encuentran asociados microorganismos que actúan sobre la madera, modifican sus propiedades y ocasionan un debilitamiento de la resistencia del tronco (Muñiz, 1983); e incluso de la raíz. Incluso, las hormigas carpinteras y barrenadores pueden indicar el comienzo de la pudrición, por lo que todos los árboles infestados por insectos deben ser evaluados cuidadosamente (Johnson, 1981).



Figura 27.- Galerías realizadas por descortezadores en el arbolado del Bosque de Chapultepec.

Los primeros síntomas del ataque de los descortezadores son la presencia de galerías con escurrimientos de resina o goma (Figura 28) y la decoloración incipiente en el follaje, hasta que este empieza a tornarse rojizo, aunque en muchos casos aparecen algunas ramas aisladas secas. Cabe destacar que el daño del árbol está directamente relacionado con el número de insectos que lo invadan y lleguen a establecerse (Alatorre, 1976).



Figura 28.- Resinación provocada por el ataque de descortezadores en un árbol ubicado en el Bosque de Chapultepec.

En el caso del ataque por parte de hongos xilófagos la situación es muy similar a la del ataque de insectos, pues ambos organismos atacan árboles que ya se encontraban debilitados o en un proceso de declinación (Figura 29).



Figura 29.- Presencia de cuerpos fructíferos de hongos xilófagos en la base del tronco en un árbol ubicado en el Bosque de Chapultepec.

Dependiendo de la especie, vitalidad y otros factores, algunos árboles disponen de una habilidad relativamente buena para formar madera de compensación. En el momento del diagnóstico, el árbol puede disponer de una pared residual satisfactoria de madera sana. Sin embargo, el pronóstico a largo plazo puede ser negativo, incluso para árboles de aparente vitalidad, pues el desarrollo de la pudrición provocada por hongos dependerá de las propiedades de la madera, de la especie arbórea en cuestión y no necesariamente del vigor del árbol. Después de evaluar si el anillo de albura existente, que es lo que aporta la resistencia principal del árbol, es capaz de resistir las cargas impactantes, se formula un pronóstico referente al futuro desarrollo de la pudrición. Asimismo, se requerirá realizar diagnósticos más precisos sobre la seguridad de un tronco o ramas dañadas (Sterken, 2005).

Las condiciones que se establecieron para esta categoría fueron siete y cada una de ellas se clasifica de acuerdo a la evidencia visible del ataque que se presenta en cada árbol en el momento de ser evaluado (Cuadro 1d) y que se muestra a continuación:

Categoría	Condición	Descripción	Clave	Puntaje
Sanidad del Tronco	Árbol muerto con evidencias de ataque de barrenadores	Incipiente (hasta 20% de evidencia)	4a	10
		Moderada (20% hasta 50% de evidencia)	4b	15
		Severa (más de 50% de evidencia)	4c	20
	Árbol muerto con evidencias de pudrición en el tronco y ramas principales	Incipiente (hasta 20% de evidencia)	4d	10
		Moderada (20% hasta 50% de evidencia)	4e	15
		Severa (más de 50% de evidencia)	4f	20
	Árbol vivo con evidencia de ataque de descortezadores o barrenadores	Incipiente (hasta 20% de evidencia)	4g	10
		Moderada (20% hasta 50% de evidencia)	4h	20
		Severa (más de 50% de evidencia)	4i	30
	Árbol vivo con evidencia de ataque de descortezadores o barrenadores	Incipiente (hasta 20% de evidencia)	4j	10
		Moderada (20% hasta 50% de evidencia)	4k	20
		Severa (más de 50% de evidencia)	4l	30
	Árbol vivo con evidencia de pudrición en el tronco	Incipiente (hasta 20% de evidencia)	4m	20
		Moderada (20% hasta 50% de evidencia)	4n	30
		Severa (más de 50% de evidencia)	4ñ	40
	Árbol vivo con daño mecánico ligero en la base del tronco y ramas principales	Incipiente (hasta 20% de evidencia)	4o	5
Moderada (20% hasta 50% de evidencia)		4p	10	
Severa (más de 50% de evidencia)		4q	15	
Cuello de raíz	Pudrición Incipiente (hasta 20% de evidencia)	4r	20	
	Pudrición Moderada (20% hasta 50% de evidencia)	4s	30	
	Pudrición Severa (más de 50% de evidencia)	4t	40	
	Estructuras fúngicas o cueros fructíferos	4u	50	

Cuadro 1d. Condiciones que se definieron dentro de la categoría de sanidad del tronco para la evaluación de árboles de alto riesgo.

Incipiente: se consideró cuando se estima hasta un 20% de evidencia de ataque por algún organismo en la superficie del tronco.

Moderada: cuando se estima de un 20% y hasta un 50% de evidencia de ataque por algún organismo en la superficie del tronco.

Severa: más del 50% de evidencia de ataque por algún organismo en la superficie del tronco.

Condiciones que se determinaron para la clasificación de la sanidad del tronco:

Árbol muerto con evidencias de ataque de barrenadores.

Árbol muerto con evidencias de pudrición en el tronco y ramas principales.

Árbol vivo con evidencia de ataque de descortezadores y barrenadores.

Árbol vivo con evidencia de enfermedades de origen biótico en el tronco y ramas principales.

Árbol vivo con evidencia de pudrición en el tronco.

Árbol vivo con daño mecánico ligero en la base del tronco y ramas primarias.

Daño en el cuello de la raíz

La última condición a la que se refiere esta categoría es la de daño en el cuello de la raíz (Cuadro 1d) la cual merece particular atención en su valoración pues puede ser atacada por hongos con lo que se afecta una zona estratégica para el sostén del árbol (Figura 30). Las raíces funcionan como un ancla pues proporcionan una mayor resistencia ante los embates del viento, por lo que cualquier agente causante de daño en las mismas incrementan la posibilidad de fractura. Johnson, (1981) reportó que en la región de las Montañas Rocallosas alrededor de un 76% de coníferas y 48% de latifoliadas se fracturan en la zona radical.



Figura 30.- Pudrición en el cuello de la raíz en un árbol ubicado en el Bosque de Chapultepec.

La tercera sección del formato valora la ubicación del árbol (claves 5a-5f) (Cuadro 1e) para lo cual se consideraron los posibles entornos en que se encuentre y las condiciones que se definieron fueron las de arbolado de alineación y la de arboles en espacios públicos (Cuadro 1e) lo anterior es determinante para definir la acción correctiva que corresponda en cada caso y la urgencia de su aplicación, los cuales son:

- 1.- Derribos prioritarios (los árboles que deberán ser atendidos de forma urgente e inmediata).
- 2.- Acción correctiva de primera instancia (los árboles que deberán ser intervenidos en el corto plazo; (después de haber atendido a los prioritarios).
- 3.- Acción correctiva de segunda instancia (árboles que no urge intervenir en el corto plazo pero si dar un seguimiento a sus condiciones de riesgo presentadas inicialmente, mediante un monitoreo periódico).

Cabe destacar que la prioridad en la atención al arbolado de alto riesgo estará en función del puntaje que obtenga de acuerdo a los criterios que se presenta en el Cuadro 1e.

Categoría	Condición	Descripción	Clave	Puntaje
Ubicación	Arbolado de alineación en calles y avenidas	Tráfico de automóviles y tránsito de peatones escaso y bienes muebles en su ángulo de caída	5a	30
		Tráfico de automóviles y tránsito de peatones moderado y bienes muebles en su ángulo de caída	5b	40
		Tráfico de automóviles y tránsito de peatones intenso y bienes muebles en su ángulo de caída	5c	50
	Arbolado en espacio público	Explanada, andador o jardín de uso escaso	5d	30
		Explanada, andador o jardín de uso moderado	5e	40
		Explanada, andador o jardín de uso intenso	5f	50

Cuadro 1e.- Condiciones que se definieron dentro de la categoría de ubicación para la evaluación de árboles de alto riesgo.

3.4.4 Inventarios

Un procedimiento adecuado para detectar, ubicar y registrar árboles de alto riesgo es mediante la realización de inventarios, los cuales al estar sustentados en procedimientos derivados de la dasonomía urbana, permiten el estudio, manejo y conservación del bosque urbano.

Los inventarios de arbolado urbano, tienen por objetivo central proporcionar información básica en forma organizada y debidamente sistematizada, aun por los medios más sencillos (Gerhold y Sacksteder, 1979; Hitchings, 1981). Al llevar a cabo el análisis de la información generada por el inventario, es factible determinar las acciones y planes que resuelvan problemáticas específicas, incrementar al máximo los beneficios que de manera natural el bosque urbano prevé y orientar los recursos financieros, humanos y materiales para llevar a cabo las medidas correctivas que la falta de planeación y conocimiento del manejo de las áreas verdes y del bosque urbano en general provocan. Los inventarios de dasonomía urbana se clasifican por

el tipo de datos que se registran, la zona de la ciudad en que se apliquen, así como la temporalidad en que se lleven a efecto.

Inventarios totales.- se registran los datos de todos los árboles de una población. La información resultante es exacta (excepto por los errores humanos en la toma de los datos o en el procesamiento de los mismos). Los inventarios totales son generalmente de carácter continuo y no se refieren a que deban incluirse en ellos a todos los árboles de la ciudad, sino mas bien a aquellos de una población definida.

Inventarios por muestreo.- es el método más común y en ellos solo se toman datos de una porción predeterminada de la población de interés, mediante los cuales es posible extrapolar estadísticamente los resultados con un determinado nivel de precisión. En este tipo de inventarios se utilizan unidades de muestreo que pueden ser árboles, manzanas o calles, las cuales deben seleccionarse de manera que sean representativas de la población a muestrear. Pueden ser al azar, estratificados o por intervalos y la mayoría son periódicos. Las variables empleadas, ubicación de los árboles, características del árbol o del sitio se seleccionaran de acuerdo a los objetivos planteados para el inventario (Gerhold, et al. 1979; Smiley y Baker, 1988).

Inventarios por objetivo.- son aquellos en lo que se determina una condición o circunstancia particular en el arbolado, como puede ser el problema de una plaga o la determinación del riesgo del arbolado. Se capturan datos específicos que brindan la información puntual para resolver una problemática dada u objetivo en particular. Este es el tipo de inventarios que usualmente se aplicaría para determinar los árboles de alto riesgo en una ciudad o sector de ella.

El presupuesto requerido para el mantenimiento de los bosques urbanos es considerable por lo que las ciudades requieren de un programa que incluya información actualizada para su correcto manejo. Independientemente del tipo de inventario que se utilice y dado el dinamismo del bosque urbano se requiere de una

constante actualización para poder proporcionar un análisis preciso de la información y el seguimiento de aquellos árboles que se constituyan y detecten mediante el inventario como pueden ser los árboles de alto riesgo.

La dasonomía urbana es una especialidad incipiente en México, por lo tanto, las experiencias sobre inventarios de arboles urbanos son muy escasas. Rapoport et al., (1983), realizaron un trabajo sobre la prospección y análisis de la flora nativa y cultivada de la ciudad y sus alrededores. Con base en el levantamiento de 100 sitios de muestreo de aproximadamente una hectárea cada uno, se censo la población de plantas cultivadas y espontaneas presentes en aceras, camellones, baldíos y parques de la ciudad, así como en zonas agrícolas y ganaderas poco alejadas de la periferia.

La experiencia más común en México han sido los inventarios para arbolado de alineación en las delegaciones políticas del Distrito Federal, llevados a cabo en la Red de Dasonomía Urbana del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Estos primeros inventarios se realizaron con formatos de evaluación diseñados y aplicados sin ningún antecedente validado, por lo que se fueron depurando con la práctica en campo, adecuándolos de acuerdo a los objetivos particulares de cada proyecto y a las observaciones que con el tiempo fueron aportando los propios evaluadores.

En la Delegación Venustiano Carranza, Villalón (1992) muestreo una superficie total de 29,675 km con 3,880 árboles y arbustos, mediante un procedimiento aleatorio estratificado, utilizando la misma metodología del programa de investigación del INIFAP. En el censo se incluyeron parámetros como: reconocimiento de especies, altura, etapa de desarrollo, diámetro del tronco, estado físico y sanitario del follaje; así como el tipo de poda requerida, ubicación y daños provocados a las banquetas. A su vez se detecto un gran déficit de aéreas verdes en esta delegación política y se sugirió el mantenimiento al arbolado de alineación.

Un estudio similar fue el realizado para la Delegación Cuauhtémoc por Valdez (1995), quien diagnosticó árboles y arbustos de alineación, a través de un inventario parcial. Muestreo 300 ejemplares en diez colonias sumando un total de 3,00 individuos. Identifico 60 especies y evaluó el estado físico y sanitario de los mismos.

Aunado a lo anterior se han realizado pocos inventarios y estudios del arbolado en áreas verdes urbanas, entre los que se pueden mencionar de acuerdo con González (1984) los realizados por el Departamento del Distrito Federal, en forma coordinada con diversas dependencias oficiales, en diferentes áreas verdes de la Ciudad de México, entre las que destacaron el Bosque de Chapultepec y el Paseo de la Reforma, en las cuales se registraron diversas características tales como: especie, altura, diámetro normal, diámetro del follaje, estado, vigor, necesidad de reubicación o trasplante y tratamiento recomendado.

Se realizó un diagnóstico de la situación de las áreas verdes en la Delegación Cuauhtémoc, D.F. donde se encontró que las especies arbóreas son más frecuentes que las arbustivas y las herbáceas; se registraron 41 especies que presentaban un alto porcentaje de daño sanitario en las hojas (Jiménez, 1988).

Martínez (1989) dio a conocer la descripción de los árboles que se utilizaron en los parques y jardines de la Ciudad de México; registró 105 especies arbóreas, donde 31 fueron nativas y 74 introducidas.

Sandoval y Tapia (2000), realizaron el estudio dasonómico y dendrológico de las especies leñosas del Campus Iztacala-UNAM, indicando un total de 3635 individuos, representados por 72 especies.

Rojo (2006) realizó un inventario arbóreo de las áreas verdes en las delegaciones Benito Juárez y Coyoacán, en donde encontró una baja diversidad y una mal distribución de especies cuyas más altas correspondieron a fresnos y truenos. El

estado fitosanitario y las condiciones de las áreas verdes en ambas delegaciones fueron en general buenas.

Mizerit (2006) realizó un muestreo en áreas verdes mayores a 5000 m² en las delegaciones políticas Cuauhtémoc y Venustiano Carranza donde reportó la baja diversidad de especies, el estado sanitario y los problemas de planeación y manejo del arbolado.

Espinosa (2009) en su estudio diagnóstico fitosanitario registró 409 individuos de 39 especies correspondientes a 31 géneros y 24 familias botánicas, de los que la mayoría necesitan poda sanitaria y los organismos muertos deben de ser reemplazados.

Pérez (2010) realizó un inventario y una evaluación fitosanitaria en la delegación Azcapotzalco en el que registró los posibles riesgos (desgajamiento, desplome, interferencia con cableado y daños a equipamiento urbano) que presentaba el árbol evaluado, sus datos se basan en la simple apreciación e intuición de quien trabaja con árboles urbanos.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Los árboles de alto riesgo en una ciudad pueden estar ubicados como árboles de alineación o dentro de un área verde. La propuesta metodológica para evaluar árboles de alto riesgo considera estas dos condiciones, por lo que para su validación se eligió la segunda y tercera sección del Bosque de Chapultepec, debido a que estas dos zonas del bosque contienen en su infraestructura tanto árboles en áreas verdes como árboles en andadores peatonales y circuitos viales.

La metodología propuesta por el INIFAP contiene un formato (que en forma íntegra se presenta en el Anexo 1), el cual contiene en sus tres primeras columnas todas las características y condiciones descritas anteriormente que permiten la evaluación en campo de los árboles de alto riesgo. La cuarta columna del formato contiene una clave alfanumérica la cual corresponde a cada condición descrita y que pretende facilitar la identificación y manejo de la información tanto en campo como en gabinete. La quinta columna asigna un puntaje que pondera el riesgo que representa cada árbol bajo revisión y que aumenta en relación con la peligrosidad del individuo arbóreo, observando así mismo la prioridad para su atención. Se establece 50 puntos como el mínimo requerido para proceder a su derribo. Cuando el puntaje sea menor se procederá a dar el mantenimiento pertinente.

4.1 Área de estudio

El Bosque de Chapultepec se ubica al poniente de la Ciudad de México, entre los 99°10'40" y 99°14'15" longitud oeste y 19°23'40" y 19°25'45" de latitud norte. Comprende una superficie de 686.0181 ha y está dividido en tres secciones: en la Primera se encuentra el Castillo de Chapultepec, el Zoológico, el Lago Mayor y los museos Tamayo, de Antropología e Historia, de Arte Moderno, el de Arte Contemporáneo y la Casa Presidencial de los Pinos; en la Segunda sección se

encuentran los museos de Historia Natural, el Tecnológico de la Comisión Federal de Electricidad y el Papalote Museo del Niño, los juegos mecánicos “La Feria”, el Lago Menor, el Lago Mayor y el parque recreativo “México Mágico”; finalmente, en la Tercera sección se localiza el parque acuático “Atlantis”, el balneario “Olas Salvajes”, la zona de juegos infantiles de madera, la explanada Cri-Cri y las zonas de barrancas (INIFAP, 2007).

La tercera sección que la conforman espacios verdes, diversas instalaciones y circuitos vehiculares que atraviesan las barrancas, quedo dividida en 3 zonas y diecinueve subzonas, de tal forma que la Zona 1, se divide en 9 subzonas, la Zona 2 se divide en 6 subzonas y la Zona 3 se divide en 4 subzonas (Figura 31).

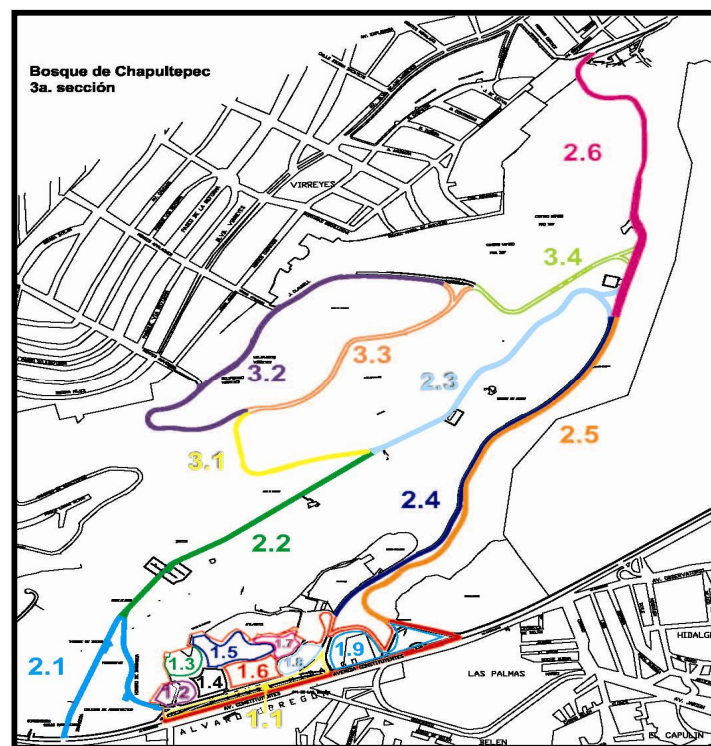


Figura 31.- Zonificación de la Tercera Sección del Bosque de Chapultepec.

La segunda sección en la que se ubica un mayor número de instalaciones recreativas fue dividida en 4 zonas y 22 subzonas, donde la Zona 4 se divide en 3 subzonas, la Zona 5 se divide en 9 subzonas, la Zona 6 se divide en 5 subzonas y finalmente la Zona 7 se dividió en 5 subzonas (Figura 32).

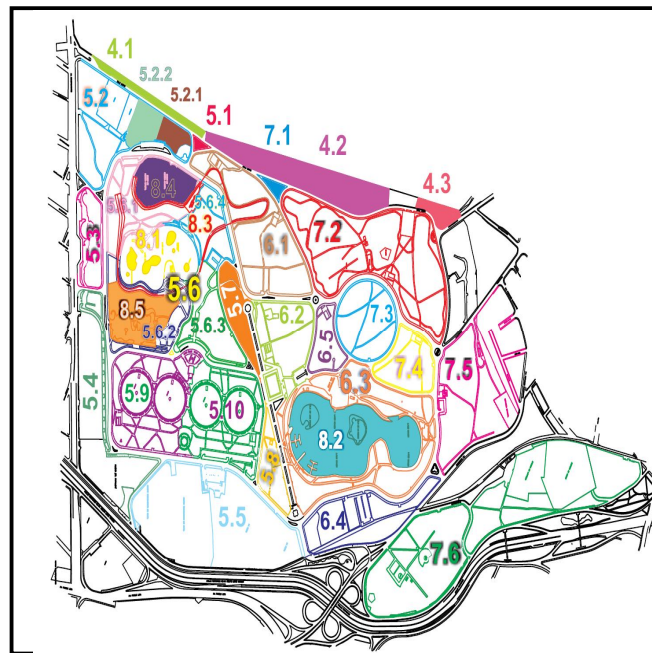


Figura 32.- Zonificación de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec.

4.2 Muestreo

Con el fin de definir la utilidad de la propuesta metodológica y de los criterios de evaluación para determinar los árboles de alto riesgo, se realizó un inventario por objetivo, (utilizando el formato de la metodología) el cual se llevó a cabo mediante recorridos a pie. En cada área correspondiente a las subzonas se detectaron los árboles que por sus características presentaban alguna condición de riesgo, los cuales fueron inventariados y marcados para facilitar la localización posterior mediante la colocación de una etiqueta de polipropileno clavada en el tronco la cual contiene los datos de zona, subzona y número de registro consecutivo.

Los datos registrados en cada árbol fueron: especie, nombre común y características dendrométricas como el diámetro normal el cual fue medido con una cinta diamétrica marca Forestry Suppliers de 5 metros y la altura, que fue estimada con un clinómetro ajustado conocido como pistola Haga. Así mismo se evaluó el estado físico y sanitario del tronco y el estado físico y sanitario del follaje de acuerdo con los criterios de evaluación utilizados en el programa de dasonomía urbana del inifap (Benavides y Segura 1996, INIFAP-DBCH, 2009).

5. RESULTADOS

5.1 RESULTADOS POR ZONA

Con base en los datos recabados durante el inventario en la 2ª y 3ª secciones del Bosque de Chapultepec y con la aplicación de la metodología propuesta, se determinó un total de 2058 árboles que fueron catalogados como de alto riesgo, de los cuales 900 se ubicaban en la tercera sección y 1158 en la segunda sección, de acuerdo a la siguiente distribución:

ZONA 1

Se registraron 523 árboles que se consideraron de alto riesgo (Cuadro 2) y la condición que se encontró con mayor frecuencia fue la 2d con 76 individuos, que corresponde a árboles vivos verticales con ramas débiles o con mala inserción al tronco, (ángulos mayores a 45°). Siguió en importancia la condición (1d), con 71 árboles muertos con diámetros de hasta 15 cm y alturas de hasta 6 m. En la categoría de declinación como condición de riesgo el mayor número de árboles se presentó en lo que correspondió a la declinación avanzada (3c) con 47 árboles y finalmente en lo que respecta a la sanidad del tronco se registraron seis árboles vivos con evidencia de enfermedades de origen biótico en el tronco y ramas principales (claves 4j, 4k y 4l).

Categoría	Condición	Clave	Cantidad	%
Muertos	Inclinados	1a	18	3.44
		1b	14	2.68
		1c	3	0.57
	Verticales	1d	71	13.58
		1e	43	8.22
		1f	35	6.69
Vivos	Inclinados	2a	66	12.62
		2b	54	10.33
		2c	1	0.19
	Verticales	2d	76	14.53
		2e	25	4.78
Declinantes	Incipiente	3a	13	2.49
	Moderada	3b	25	4.78
	Avanzada	3c	47	8.99
	Severa	3d	22	4.21
Sanidad del tronco	Vivo/descortezado	4g	1	0.19
	Vivo/enfermo	4j-4k-4l	6	1.15
	Vivo/pudrición	4m-4n-4ñ	2	0.38
	Cuello de raíz	4r-4s	1	0.19

Cuadro 2.- Número y porcentaje relativo de árboles de alto riesgo en cada categoría y condición en la zona 1 de la 3ª Sección del Bosque de Chapultepec.

ZONA 2

Se registraron 237 árboles que se consideraron de alto riesgo (Cuadro 3) y la condición con mayor frecuencia fue la 2a con 56 individuos, que corresponde a árboles vivos con una inclinación de 20° y hasta 30°, seguida de la condición 2b (inclinaciones de 30° y hasta 45°) con 46 árboles vivos. En la categoría de declinación como condición de riesgo, el mayor número de árboles se presentó en lo que correspondió a la declinación avanzada (3c) con 17 árboles y finalmente, en lo que respecta a la situación sanitaria del tronco, se registraron cinco árboles vivos con evidencia de pudrición en el tronco (claves 4m, 4n y 4ñ).

Categoría	Condición	Clave	Cantidad	%
Muertos	Inclinados	1a	1	0.42
		1b	1	0.42
	Verticales	1d	18	7.59
		1e	18	7.59
		1f	2	0.84
Vivos	Vivos inclinados	2a	56	23.63
		2b	46	19.41
		2c	5	2.11
	Vivos verticales	2d	30	12.66
		2e	16	6.75
Declinantes	Incipiente	3a	2	0.84
	Moderada	3b	7	2.95
	Avanzada	3c	17	7.17
	Severa	3d	10	4.22
Sanidad	Vivo/enfermo	4j-4k-4l	1	0.42
	Vivo/pudrición	4m-4n-4ñ	5	2.11
	Vivo/daño mecánico	4o-4q	1	0.42
	Cuello de raíz	4r-4s	1	0.42

Cuadro 3.- Número y porcentaje relativo de árboles de alto riesgo en cada categoría y condición en la zona 2 de la 3ª Sección del Bosque de Chapultepec.

ZONA 3

Se registraron 140 árboles que se consideraron de alto riesgo (Cuadro 4), de los cuales la condición con mayor frecuencia fue la 2b con 21 individuos, que corresponde a árboles vivos con una inclinación de 30° y hasta 45°, seguida de la condición 1e con 18 (árboles muertos con diámetros de 15.1 y hasta 30 cm y alturas entre los 6.1 y hasta los 12 m).

En la categoría de declinación como condición de riesgo, el mayor número de árboles se presentó en lo que corresponde a la moderada (3b) con 16 árboles y finalmente en lo que respecta a la situación sanitaria del tronco, se registró un árbol vivo con daño mecánico en la base del tronco (claves 4o, 4p ó 4q).

Categoría	Condición	Clave	Cantidad	%
Muertos	Inclinados	1a	3	2.14
		1b	6	4.29
		1c	2	1.43
	Verticales	1d	4	2.86
		1e	18	12.86
		1f	6	4.29
Vivos	Inclinados	2a	10	7.14
		2b	21	15.00
		2c	3	2.14
	Verticales	2d	10	7.14
		2e	11	7.86
Declinantes	Incipiente	3a	11	7.86
	Moderada	3b	16	11.43
	Avanzada	3c	9	6.43
	Severa	3d	9	6.43
Sanidad	Vivo/daño mecánico	4o-4q	1	0.71

Cuadro 4.- Número y porcentaje relativo de árboles de alto riesgo en cada categoría y condición en la zona 3 de la 3ª Sección del Bosque de Chapultepec.

ZONA 4

Solamente se registraron 75 árboles que se consideraron de alto riesgo en esta zona (Cuadro 5), de los cuales la condición con mayor frecuencia fue la 1e con 16 árboles (muertos con diámetros de 15.1 y hasta 30 cm y alturas entre los 6.1 y hasta los 12 m); seguida de la condición 1f con 15 (árboles muertos con diámetros mayores a 30 cm y alturas mayores a los 12 m). En la categoría de declinación como condición de riesgo, el mayor número de árboles se presentó en la que correspondió a la avanzada (3c) con cuatro árboles. En esta zona no se registraron árboles con problemas sanitarios en el tronco.

Categoría	Condición	Clave	Cantidad	%
Muertos	Inclinados	1b	1	1.33
	Verticales	1e	16	21.33
		1f	15	20.00
Vivos	Inclinados	2 ^a	5	6.67
		2b	14	18.67
		2c	1	1.33
	Verticales	2d	5	6.67
		2e	8	10.67
Declinantes	Ligera	3b	3	4.00
	Avanzada	3c	4	5.33
	Severa	3d	3	4.00

Cuadro 5.- Número y porcentaje relativo de árboles de alto riesgo en cada categoría y condición en la zona 4 de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.

ZONA 5

Se registraron 637 individuos que se consideraron como árboles de alto riesgo (Cuadro 6), de los cuales la condición con mayor frecuencia fue la 2b con 219 (árboles vivos con una inclinación de 30° a 45°), seguida de la condición 2e con 89 (árboles vivos con ramas de gran tamaño con diámetro cercano al del tronco y de gran longitud). En la categoría de declinación como condición de riesgo, el mayor número de árboles se presentó en lo que correspondió a la avanzada (3c) con 15 árboles. En esta zona no se registraron árboles con problemas sanitarios.

Categoría	Condición	Clave	Cantidad	%
Muertos	Inclinados	1a	3	0.47
		1b	7	1.10
		1c	3	0.47
	Verticales	1d	3	0.47
		1e	77	12.09
		1f	54	8.48
Vivos	Inclinados	2a	61	9.58
		2b	219	34.38
		2c	8	1.26
	Verticales	2d	47	7.38
		2e	89	13.97
Declinantes	Incipiente	3a	1	0.16
	Moderada	3b	11	1.73
	Avanzada	3c	15	2.35
	Severa	3d	39	6.12

Cuadro 6.- Número y porcentaje relativo de árboles de alto riesgo en cada categoría y condición en la zona 5 de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.

ZONA 6

Se registraron 161 árboles que se consideraron de alto riesgo (Cuadro 7) y la condición con mayor frecuencia fue la 2b con 39 individuos que corresponden a árboles vivos con una inclinación de 30° y hasta 45°, seguida de la condición 1e con 32 (árboles muertos con diámetros de 15.1 y hasta 30 cm y alturas entre los 6.1 y hasta los 12 m). En la categoría de declinación como condición de riesgo el mayor número de árboles se presentó en lo que correspondió a la severa (3d) con siete árboles. Respecto a la situación sanitaria del tronco, se registraron dos árboles con problemas, un individuo con evidencia de enfermedad de origen biótico en el tronco

y ramas principales (claves 4j, 4k ó 4l) y un árbol vivo con evidencia de pudrición en el tronco (claves 4m, 4n ó 4ñ).

Categoría	Condición	Clave	Cantidad	%
Muertos	Inclinados	1a	1	0.62
		1b	2	1.24
	Verticales	1e	32	19.88
		1f	18	11.18
Vivos	Inclinados	2a	25	15.53
		2b	39	24.22
		2c	3	1.86
	Verticales	2d	13	8.07
		2e	16	9.94
Declinantes	Avanzada	3c	3	1.86
	Severa	3d	7	4.35
Sanidad	Vivo/enfermo	4j-4k-4l	1	0.62
	Vivo/pudrición	4m-4n-4ñ	1	0.62

Cuadro 7.- Número y porcentaje relativo de árboles de alto riesgo en cada categoría y condición en la zona 6 de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.

ZONA 7

El número de árboles que se consideraron de alto riesgo en esta zona fue 285 (Cuadro 8), de los cuales la condición con mayor frecuencia fue la 3d que correspondió a una declinación de tipo severa con 74, seguida de la condición 2b con 61 (árboles vivos con inclinaciones entre 30° y 45°). Respecto a la condición sanitaria del tronco, se registraron cinco árboles con problemas, dos individuos con evidencia de enfermedad de origen biótico en el tronco y ramas principales (claves 4j, 4k ó 4l),

un árbol vivo con evidencia de pudrición en el tronco (claves 4m, 4n ó 4ñ) y dos árboles con pudrición en el cuello de la raíz (clave 4r ó 4s).

Categoría	Condición	Clave	Cantidad	%
Muertos	Inclinados	1b	1	0.35
	Verticales	1e	16	5.61
		1f	20	7.02
Vivos	Inclinados	2a	28	9.82
		2b	61	21.40
		2c	6	2.11
	Verticales	2d	3	1.05
		2e	60	21.05
Declinantes	Incipiente	3a	1	0.35
	Moderada	3b	1	0.35
	Avanzada	3c	9	3.16
	Severa	3d	74	25.96
Sanidad	Vivo/enfermo	4j-4k-4l	2	0.70
	Vivo/pudrición	4m-4n-4ñ	1	0.35
	Cuello de raíz	4r-4s	2	0.70

Cuadro 8.- Número y porcentaje relativo de árboles de alto riesgo en cada categoría y condición en la zona 7 de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.

5.2 RESULTADOS POR CATEGORIA/CONDICIÓN (CLAVE)

En adición a los resultados por zona y tipo de categoría y condición, se consideró pertinente presentar los resultados de acuerdo a las condicionantes registradas en los árboles, pues la metodología propuesta permite detectar hasta dos de ellas. En función de lo anterior se encontró que 57% de los árboles se calificó con una sola condición y en el 43% se registraron dos condiciones que los ubican como árboles riesgosos. No obstante lo anterior, para fines del manejo de los datos se tomó únicamente la primera condición clasificatoria.

La categoría que presentó la mayor frecuencia en la evaluación fue la que correspondió a los árboles vivos con 1141 individuos (Figura 33), de los cuales 732 correspondieron a la condición con algún grado de inclinación (claves 2a, 2b y 2c) y 409 fueron árboles que presentaron ramas con mala inserción al tronco o ramas de gran diámetro y tamaño (claves 2d y 2e).

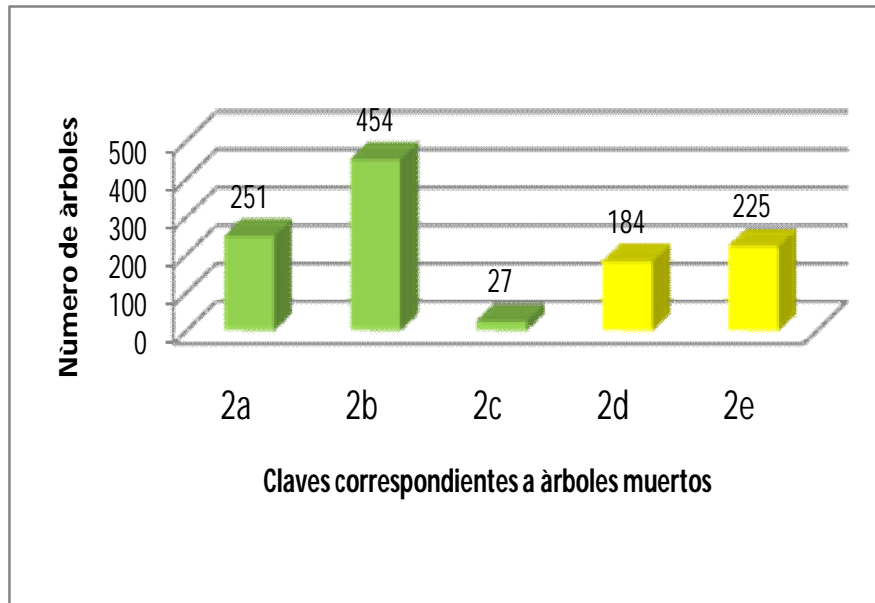


Figura 33.- Número de individuos que fueron registrados en las claves que corresponden a árboles vivos en la 2ª y 3ª sección del Bosque de Chapultepec.

La segunda categoría con mayor frecuencia fue la que correspondió a los árboles muertos con un total de 532 individuos, de los cuales 66 individuos correspondieron a árboles verticales con algún grado de inclinación (claves 1a, 1b y 1c) y 466 individuos eran árboles muertos en pie, clasificados en alguno de los tres diferentes rangos de diámetro de ramas y altura (claves 1d, 1e y 1f), (Figura 34).

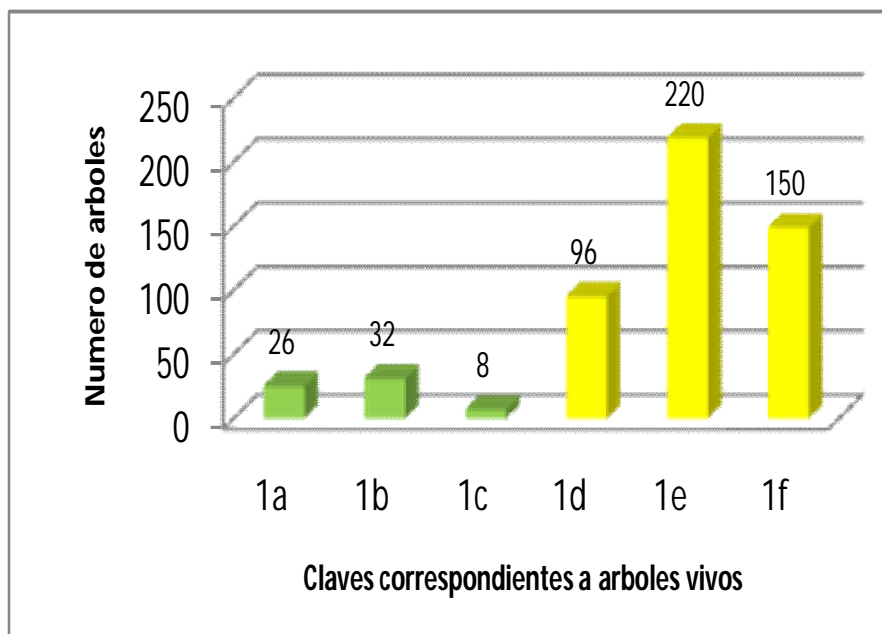


Figura 34.- Número de individuos que fueron registrados en las claves que corresponden a árboles muertos en la 2ª y 3ª sección del Bosque de Chapultepec.

La categoría que refiere el proceso de declinación como factor de riesgo en el arbolado fue la que se presentó en tercer nivel de importancia, con una frecuencia de 359 individuos (Figura 35), de los cuales 28 mostraron una declinación incipiente, 63 árboles se encontraron en un estado de declinación moderada, 104 organismos tenían una declinación avanzada y los 164 árboles restantes presentaron una declinación severa.

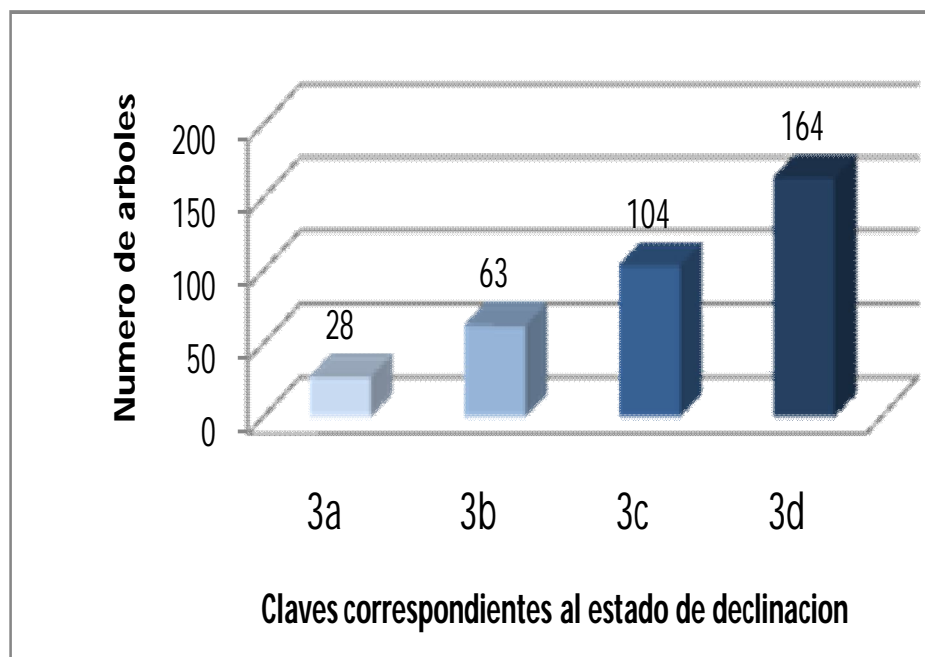


Figura 35.- Número de individuos que fueron registrados en las claves que corresponden a árboles con algún grado de declinación en la 2ª y 3ª sección del Bosque de Chapultepec.

De los 2058 árboles registrados y evaluados en la 2ª y 3ª sección del Bosque de Chapultepec, solo se registró en 26 individuos una condición sanitaria en el tronco que los ubican como de riesgo (Figura 36). De éstos, 10 fueron árboles vivos que presentaron algún nivel de enfermedad de origen biótico en el tronco y/o ramas principales (claves 4j, 4k y 4l); nueve árboles más correspondieron a la condición de organismos vivos con evidencia de pudrición en el tronco (claves 4m, 4n y 4ñ) y cuatro árboles presentaron la condición de pudrición localizada específicamente en el cuello de la raíz, (claves 4r y 4s).

El daño mecánico en el tronco como característica predominante de riesgo se localizó en dos árboles (claves 4o y 4p) y finalmente, un solo árbol presentó un ataque de organismos vivos, que en este caso fueron descortezadores.

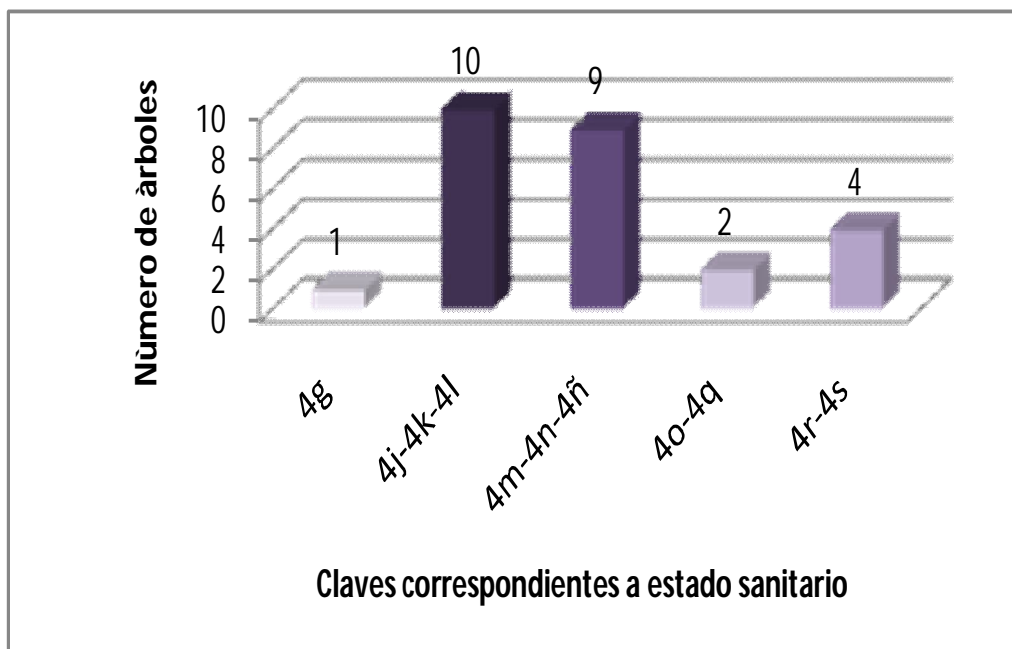


Figura 36.- Número de individuos que fueron registrados en las claves que corresponden a árboles con alguna condición sanitaria en el tronco en la 2ª y 3ª sección del Bosque de Chapultepec.

5.3 Respuesta por especies

Entre los árboles de alto riesgo sobresalen los del género *Eucalyptus* spp. con 1535 individuos y en forma menos preponderante los de las especies *Fraxinus uhdei* (fresno) con 238 y *Cupressus benthami* y *C. lusitanica* (cedros blancos) con 106 árboles (Cuadro 9). Lo anterior se relaciona al hecho de que estas especies son las de mayor frecuencia en estas secciones y en el caso de *Eucalyptus* spp. se presenta el ataque de la conchuela del eucalipto (*Glycaspis brimblecombei* Moore) desde hace varios años, lo que ha provocado una declinación del arbolado. Cabe destacar que esta situación se generó por la sobreplantación de esta especie, que en la 2ª sección es considerable (74.58% de los árboles de la misma), lo que facilitó el ataque de este insecto chupador (Benavides, Com. pers.).

En un segundo nivel de frecuencia de árboles de alto riesgo se encuentran los pinos (*Pinus* spp.) con 73 árboles, las acacias (*Acacia* spp.) con 36 árboles, seguidos de la jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*) y casuarina (*Casuarina equisetifolia*) con 14

árboles cada una y en último rango se ubican las especies que registraron menos de 10 árboles (Cuadro 9).

	Nombre científico	Nombre común	Nº árboles
01	<i>Acacia</i> spp.	Acacia	36
02	<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate	5
03	<i>Alnus acuminata</i> H.B.K.	Aile	7
04	<i>Aralia shefflera</i> J.R.Forst	Aralia	1
05	<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	Casuarina	14
06	<i>Cupressus lusitánica</i> var. <i>lindleyi</i> Klotz.	Cedro	106
07	<i>Erythrina coralloides</i> DC	Colorín	4
08	<i>Prunus persica</i> Batsch	Durazno	2
09	<i>Eucalyptus</i> spp.	Eucalipto	1535
10	<i>Fraxinus udhei</i> (Wenz) Lingelsh.	Fresno	238
11	<i>Grevillea robusta</i> A.Cunn	Grevillea	3
12	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	Jacaranda	14
13	<i>Ficus microcarpa</i> L.	Laurel	2
14	<i>Ulmus parvifolia</i> Jacq.	Olmo	3
15	<i>Pinus</i> spp.	Pino	73
16	<i>Schinus molle</i> L.	Pirul	6
17	<i>Salix babilónica</i> H.B.K.	Salix	4
18	<i>Buddleia cordata</i> H.B.K.	Tepozán	2
19	<i>Ligustrum lucidum</i> Aiton	Trueno	3

Cuadro 9.- Número de árboles por especie que fueron registrados en la categoría de alto riesgo en la 2ª y 3ª sección del Bosque de Chapultepec.

6. DISCUSION

Las condiciones e infraestructura de las dos secciones del Bosque de Chapultepec son totalmente diferentes, pues mientras que en la segunda sección se concentran museos, parques de diversiones, restaurantes y áreas verdes bajo un intenso uso, la tercera sección la conforman circuitos vehiculares que recorren y atraviesan diversas barrancas, por lo que el área destinada a instalaciones recreativas es mínima.

La condición de riesgo de muchos árboles es evidente y sobresalen del resto del rodal, por lo que su localización mediante recorridos en las zonas solo requiere de una capacitación que ayude a reconocer las características que le confieren esa condición. La presencia de arbolado de alto riesgo fue detectada en ambas secciones del Bosque de Chapultepec, pues en todas las zonas en que se dividieron las 2 secciones se encontró al menos un individuo en la categoría de árboles muertos, ya sean verticales o inclinados, los cuales por un proceso de descomposición natural los hace perder resistencia hasta llegar a un momento en que su estabilidad se pierde (Ortega, 1951). De acuerdo a lo mencionado por Shigo (1984), esta situación hace a los árboles más peligrosos pues el estado de pudrición pocas veces es visible por estar en la parte interna o enterrada del árbol.

Otra determinante que predominó en muchos de los arboles registrados es el origen mismo de la problemática de riesgo, lo cual se relaciona con el sitio de plantación, pues si estos son ubicados de manera incorrecta o si el árbol se estableció y prosperó por sí mismo en un lugar inadecuado, debido a la falta de mantenimiento, es muy probable que se convierta con el tiempo en un árbol de alto riesgo (Benavides, 1994).

En ambas secciones fueron localizados árboles vivos con ramas de gran tamaño o con una inserción débil al tronco, los cuales comúnmente son árboles majestuosos que por su gran porte y ubicación, constituyen un riesgo para los paseantes y las

instalaciones que alberga el Bosque de Chapultepec. Ejemplo de lo anterior fue un árbol ubicado en la cercanía de una estancia infantil (CENDI), y en ese sentido, la ubicación del arbolado aumenta considerablemente el factor de riesgo, pues los árboles se localizaron lo mismo dentro de un teatro al aire libre, alguna zona utilizada para fiestas infantiles o en la orilla de un circuito vehicular.

La evaluación en lo que respecta a la condición fitosanitaria no deja de ser subjetiva debido a que no existe un parámetro estandarizado sobre la cuantificación de los ataques en un árbol para saber si estos son leves o severos. Además se debe de tomar en cuenta que las condiciones ambientales de humedad y temperatura varían a lo largo del año de acuerdo a las estaciones, por lo que tal vez en una primera inspección no se encuentren ataques evidentes de patógenos, pero si puede ser registrado en visitas posteriores.

La valoración de un árbol de riesgo nos proporciona una imagen y una idea básica de la seguridad del mismo, pero esto es únicamente una parte del diagnóstico que generalmente se fundamenta en evidencias o indicadores, sin embargo en los casos de duda o en árboles relevantes con algún valor especial, es recomendable el uso de aparatos como son el resistografo o tomógrafo para poder valorar los procesos internos de pudrición, compartimentación o inclusión de la corteza (Sterken, 2005).

La declinación del arbolado, por tratarse de un proceso de deterioro continuo y gradual, es recomendable que se le de un seguimiento muy especial, pues es una respuesta por parte del arbolado ante factores estresantes que induzcan que ese árbol se constituya de alto riesgo, incluso antes de su muerte, lo cual no obsta que los árboles puedan tener fracturas o caídas incluso antes de llegar a un estado de declinación severa. La categoría que indica la declinación resultó ser muy útil pues refleja una problemática que debe de ser inspeccionada con un mayor detenimiento lo que nos puede conducir a el problema que realmente está deteriorando a el árbol.

Al asignarse y registrarse una calificación determinada, se elimina el factor de juicio y percepción particular de cada evaluador y se puede determinar de una manera categórica la acción correspondiente.

Comparación con otros procedimientos

De la revisión del Anexo 1 (Dictamen Técnico) de la Norma Ambiental NADF-001-RNAT-2006 sobre poda, derribo, trasplante y restitución de arboles en el Distrito Federal, se deben hacer algunas consideraciones respecto a su utilidad para la evaluación de arbolado de alto riesgo. Dicho dictamen, al no tener un parámetro numérico de calificación, sus componentes son determinados al criterio que aplique el dictaminador técnico, de lo cual se derivan en consecuencia las medidas correctivas. Esta situación puede ocasionar una respuesta variable para circunstancias similares de peligrosidad y acciones correctivas diferentes.

Cabe destacar que las carencias encontradas en el dictamen técnico de la norma vigente para el Distrito Federal, pueden ser enmendadas gracias al presente trabajo desarrollado.

Ejemplo de lo anterior es el punto número 13 del dictamen concerniente a describir la condición del árbol, se refiere si éste está vivo, muerto o "moribundo", la metodología revisada describe cuatro etapas posibles de declinación respecto al adjetivo "moribundo".

Una observación similar aplica para el punto número 14 de esta misma sección, pues maneja de manera indistinta la etapa con la condición del árbol.

La localización, observación y percepción desarrolladas durante los recorridos del muestreo para ubicar y evaluar los árboles de alto riesgo, se facilita cuando la persona que lo realiza es alguien entrenado en la arboricultura urbana y familiarizado con las especies arbóreas, por lo que se agiliza la detección de alguna condición de peligro. Sin embargo bajo una revisión más detallada, en estos árboles

pueden identificarse categorías y condiciones que incluye la metodología como son la pudrición, la inclinación, y el ataque de plagas.

El uso de un patrón fotográfico de comparación y el conocimiento que se tenga de la forma y desarrollo de un buen número de especies utilizadas en las ciudades, resultará útil para quien use la metodología por primera vez, pues esto ayudará a normar y homologar criterios de evaluación de tipo cualitativo. Así mismo se recomienda el uso de una cuadrícula para calcular la inclinación de los árboles a una distancia conocida, facilitando la estimación de ésta en grados.

Respecto a las especies registradas como árboles de alto riesgo, destaca la frecuencia con la que aparecen las especies del género *Eucalyptus*, condición que puede estar asociada a su adaptabilidad y a los hábitos de crecimiento rápido con que cuentan estos árboles, lo que facilita su establecimiento en lugares no adecuados. Cabe mencionar que en este género se aumenta la probabilidad de fractura debido a que tiene lo que se denomina poda natural, pues cuando una rama está por morir se forma una zona de madera quebradiza de una longitud de 2 a 4 cm a partir de la unión de la rama con el tronco, o de la rama con la rama del próximo orden inferior. La madera de esta zona tiene una fractura "yesosa", mientras que más arriba de la rama la madera se quiebra astillándose. Con los vientos, las ramas que están por morir o muertas se quiebran al nivel de esta zona de fractura (FAO, 1955).

En los árboles de alto riesgo evaluados se identificó por lo menos una de las condiciones de riesgo propuestas por la metodología, sin embargo hubo árboles en los que fue posible determinar hasta 2 condiciones de riesgo por las características que presentaron los árboles en su tronco, en su copa o en ambas estructuras.

Finalmente y como observación adicional fue frecuente encontrar un uso inadecuado que se les da a algunos árboles, pues se encontraron organismos utilizados como postes de servicios de cableado y alumbrado, soportes de lonas y luminarias o incrustados por clavos, alcayatas y soportes para publicidad impresa, lo que evidentemente aumentan el daño y el riesgo al estar sometidos a un sobrepeso y tensión.

7. CONCLUSIONES

La metodología propuesta facilita la detección de las características observadas y rápidamente ubica la categoría y condición con que se debe evaluar al árbol con carácter de riesgo.

La asignación de una puntuación (escala de valores numéricos) a cada árbol evaluado indica cuantitativamente lo que se observa de una forma cualitativa, lo que facilita la evaluación del arbolado de alto riesgo.

La consideración del sitio donde se ubica el árbol y la intensidad de uso del área en donde se encuentre el mismo, resultó de gran trascendencia para llevar a cabo la evaluación y determinación del arbolado de alto riesgo.

8. RECOMENDACIONES

La eficacia de la metodología de evaluación propuesta conlleva la pronta y correcta acción de las autoridades competentes, ya que la presencia de factores climáticos atípicos que se puedan presentar, anularía el carácter preventivo de ésta metodología.

La decisión correctiva respecto al arbolado de alto riesgo no siempre deberá ser el derribo, ya que en muchos de los casos al efectuar algún tipo de poda de los que se refieren en la norma ambiental vigente, se podrá disminuir significativamente el riesgo

En caso de ser necesario la evaluación del estado sanitario de la base de los árboles se deberá complementar con un análisis del tejido dañado y de las secreciones, a fin de conocer el agente causal y poder tomar las medidas correctivas pertinentes, ya sea para aplicar algún tratamiento o para proceder a su derribo sanitario.

Cuando un individuo se constituye y determina como árbol de alto riesgo, éste deberá ser monitoreado y no confiar plenamente en una estructura dañada, así como llevar a cabo las medidas preventivas y correctivas pertinentes, pues aunado a la condición de riesgo la estructura puede fallar en el momento menos esperado debido a la presencia de factores climáticos incontrolables (granizadas, vendavales, tormentas). En el caso específico de la Ciudad de México, en la evaluación de arbolado de alto riesgo debe considerarse como punto adicional el patrón de vientos que circulan en la ciudad y dentro del Bosque de Chapultepec, mismos que afectan desde la tercera y hasta la primera sección en algunas épocas del año, lo que trae como resultado el derribo "accidental" de árboles completos o de algunas de sus grandes ramas tal y como lo contemplan las categorías con clave 2d y 2e.

La evaluación del follaje en las especies caducifolias puede presentar el inconveniente de coincidir en tiempo con la defoliación estacional y por esta situación no se pueda evaluar el estado sanitario del follaje, lo que podría inducir a considerar que el renuevo no tendrá problemas sanitarios y por lo mismo otorgar una calificación de no riesgo. En estos casos de ausencia de follaje es recomendable evaluar el ramaje en cuanto a su estructura y el vigor de las ramas y yemas del siguiente brote foliar estacional.

9. BIBLIOGRAFIA

Alatorre, R.R. 1976. Causas del debilitamiento y muerte del ciprés. Bol. Téc No 49. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Subsecretaría Forestal y de la Fauna. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México, D.F. 38p.

Asociación de Profesionales de Espacios Verdes de Cataluña. 2007. Alex Shigo "In memoriam". Terrassa España. Disponible en: www.amics-vallparadis.terrassa.net

Benavides, M.H.M. 1989. Bosque urbano: La importancia de su investigación y correcto manejo. *In: Memoria del Congreso Forestal Mexicano 1989. Tomo II. Toluca, Estado de México, 12 al 19 de julio de 1989. Gobierno del Estado de México y Academia Nacional de Ciencias Forestales, A.C. pp. 966-992.*

Benavides, M.H.M. 1994. Dasonomía Urbana. Notas para el curso de Dasonomía Urbana. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. México, D.F.

Benavides, M.H. y Segura, B.C. 1996. Situación del arbolado de alineación de la Ciudad de México: Delegaciones Iztacalco e Iztapalapa, Distrito Federal. *Revista Ciencia Forestal en México. Vol. 21 N° 79*

Brudi E. 2002. Trees and Statics: Nondestructive failure analysis. *In: Smiley, E. T. and D. Coder (Eds.). Tree Structure and Mechanics. Conference Proceedings: How Trees Stand Up and Fall Down. Savannah, GA. October 14-16, 2002. International Society of Arboriculture, Champaign, IL, and ISA Southern Chapter, Mt. Airy, NC. 53-70 pp.*

Cardelino, C. A. y Chemaides W. L. 1990. Natural hydrocarbons, urbanization and urban zone. *J. Geophys. Res. 95(D9): 13971-13979.*

Chan, M., M.H. O. Araujo M. y M. Azueta G. 2002. Los defectos naturales en la madera aserrada. *Ingeniería 6-1: 29-38.*

Clark J. 1983. Age related changes in trees. *Journal of Arboriculture 9(8): 201-205.*

Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA). 2010. Capítulo 6 Reconocimiento de riesgos en los árboles. *In: Documento de arborización urbana. Alcaldía Mayor de Bogotá. Disponible en: www.dama.gov.co/dama/libreria/pdf/silvicultura/6.pdf*

Driver, B.L., Rosenthal, D. y Peterson, G. 1978. Social benefits of urban forest and related green spaces in cities. *In: Proceedings of the National Urban Forestry*

Conference 98-111. Syracuse, NY. SUNY, College of Environmental Science and Forestry and USDA Forest Service.

Durán A. y Vargas A. 2008. Bioestadística. Facultad de Estudios Superiores Plantel Iztacala. Carrera de Biología. UNAM. 260 p.

Espinosa G.M.G. 2009. Diagnóstico fitosanitario del arbolado de la FES-Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México. Tesis Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. U.N.A.M. 129 p.

Ellison, M.J. 2005. Quantified tree risk assessment used in the management of amenity trees. *Journal of Arboriculture* 31(2): 57-65.

Gaceta Oficial del Distrito Federal. 2004. Norma Ambiental NADF-006-RNAT-2004 sobre las especificaciones técnicas de fomento, mejoramiento y mantenimiento de áreas verdes públicas.

Disponible en: www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/archivos/norma_av_NADF-2006-RNAT-2004.pdf

Gaceta Oficial del Distrito Federal 2006. Norma Ambiental NADF-001-RNAT-2006 sobre poda, derribo, trasplante y restitución de arboles en el Distrito Federal.

Disponible en: www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/archivos/norma_av_NADF-001-RNAT-2006.pdf

Gaceta Oficial del Distrito Federal. 2008. Decreto por el que se declara área de valor ambiental del Distrito Federal con categoría de bosque urbano, al bosque de San Luis Tlaxialtemalco. Disponible en:

www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/DISTRITO%20FEDERAL/Decretos/DFDEC139.pdf.

Gerhold, H.D. y Sacksteder, C.J. 1979. A guide to urban tree inventory systems. Penn. State University. School of Forestry Resources Research Paper 443. 52p.

Gobierno del Distrito Federal. 2000-2006. Secretaria del Medio Ambiente. Gestión Ambiental del Aire en el Distrito Federal. El aire de la ciudad de México. Disponible en: www.sma.df.gob.mx/sma/download/archivos/gaa/03.pdf

González V., C. 1984. Los inventarios en la Dasonomía Urbana *In*: Memoria del encuentro Nacional sobre Inventarios Forestales. Publicación especial N° 45. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, SARH. México. pp 63-82.

Graham A. 1990. England before and after the hurricane of 1987. *Journal of Arboriculture* 16: 269-274.

Gray, W.G. y Deneke, F.J. 1992. Urban Forestry. 2ª ed. John Wiley and Sons. New York. 299p.

Hitchings, D.R. 1981. Prontuario de Dasonomía Urbana. Environmental Research Laboratory, University of Arizona. 37p.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2005 II Censo de población y vivienda 2005.
Disponible: www.inegi.gob.mx/contenidos/español/sistemas/centeo2005/default.asp

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), 2009. Informe final de la evaluación del arbolado de alto riesgo en la segunda y tercera secciones del Bosque de Chapultepec. Reporte de uso interno. 68 p.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), 2009. Informe final del diagnóstico y caracterización de la 2ª sección e inventario total de su arbolado y determinación y evaluación de especies para la reforestación de la 2ª sección del Bosque de Chapultepec. (Componente 1) 111 p.

Jáuregui, E.O. 2000. El clima de la ciudad de México. Ed. Plaza y Valdez. México, D.F. 131 p.

Jiménez S.M.P. 1988. Diagnóstico ecológico de las áreas verdes de la Delegación Cuauhtémoc, D.F. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. U.N.A.M., México, D.F. 200 p.

Johnson, D. 1981. Tree hazards: Recognition and reduction in recreation sites. Tech. Rep. R2-1. Lakewood, CO. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Region. 17 p.

Jorgensen, E. 1970. Urban Forestry in Canada. The Shade Tree Research Laboratory, Faculty of Forestry, University of Toronto. 16 p.

Karlovich, D.A. y J.W. Groninger. 2000. Tree condition associated with topping in Southern Illinois communities. Journal of Arboriculture 26(2):87-91.

Loehle, C. 1988. Tree life history strategies: the role of defense. Canadian Journal of Forestry Research 18:209-222.

Luley, C.J. 2006. Identifying wood decay and wood decay fungi in urban tree. Arborist News 15(2): 12-19.

Martínez G. H. 1989. Estudio descriptivo de los árboles más comunes en la Ciudad de México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. México, D.F. 268 p.

Matheny, N. P. y Clark, J. R. 1994. A photographic guide to the evaluation of hazard trees in urban areas, 2nd edition.: International Society of Arboriculture. Urbana, IL 85p.

Mizerit, T. L. 2006. Situación y características del arbolado en las áreas verdes de las delegaciones Cuauhtemoc y Venustiano Carranza, Distrito Federal. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. México, D.F. 77 p.

Muñiz, V. R. 1983. Las plagas y su efecto en la silvicultura. Rev. Ciencia Forestal 8 (41):44-52.

Niklas, K.J. 2002. Wind, size, and tree safety. Journal of Arboriculture 28(2):135-147.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1955. El eucalipto en la repoblación forestal. Colección FAO: Estudios de silvicultura y productos forestales, N° 11. Disponible en: www.fao.org/DOCREP/004/AC459S31.htm.

Ortega, C.H. 1951. Plagas y enfermedades del Bosque de Chapultepec. Secretaria de Agricultura y Ganadería. Dirección General Forestal y de Caza. México, D.F. 64p.

Paine, L.A. 1971. Accident hazard: Evaluation and control decisions on forested recreation sites. USDA For. Serv. Res. Paper, PSW-68. 10p.

Pérez H.A. 2010. Inventario arbóreo y evaluación fitosanitaria en tres áreas verdes de la Delegación Azcapotzalco, en un contexto de justicia ambiental. Tesis Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. U.N.A.M. 254 p.

Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial (PAOT). 2008. Dictamen Técnico. Disponible en www.paot.org.mx/info2008/doc/dicta08/SPA/SPA-SDPA-DT-003-2008.pdf

Rapoport, E.H. 1983. Aspectos de la ecología urbana en la Ciudad de México. Flora de las calles y baldíos. Instituto de Ecología y Museo de Historia Natural de la Ciudad de México. Ed. Limusa. México. 197p.

Rojo N. I.A. 2006. Condiciones y características de las áreas verdes y su arbolado en las delegaciones Benito Juárez y Coyoacán, D.F. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. 64 p.

Robbins, K. 1986. How to recognize and reduce tree hazard in recreation sites. USDA Forest Service, Northeastern Area, St Paul, MN. 28p.

Robinette, G. O. 1972. Plants/People/and Environmental Quality. USDI, National Park Service, Washington, DC. 140p.

Ruiz, P.M. y García, F.C. 2007. Los servicios ambientales de los bosques. Ecosistemas 16(3): 81-90. Disponible en: www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=509

Saito I., Ishihara, O. y Katayama, T. 1991. Study of the effect of green áreas on the thermal environment in an urban area. Energy and Buildings 15-16: 493-498.

Sandoval, M.L.S. y Tapia F.F. 2000. Estudio dasonómico y dendrológico de las especies leñosas del campus Iztacala-U.N.A.M. para una eficiente gestoría de las áreas verdes. Tesis Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. U.N.A.M.

Sarmiento, F., M. 1998. Los árboles en la Ciudad de México. México Desconocido. Vol XXIX N° 259

Shigo, A.L. 1984. Compartmentalization: a conceptual framework for understanding how trees grow and defend themselves. Ann. Rev. Phytopathology 22 189-214. Disponible en: www.shigoandtrees.com/docs/Publications%20list.pdf

Shigo, A.L. 1986. A new tree biology dictionary: Terms, topics and treatments for trees and their problems and proper care. Shigo and Trees Associates. Durham NH. 595p. Disponible en: www.shigoandtrees.com

Smiley, E.T. y F.A. Baker. 1988. Options in street tree inventories. Journal of Arboriculture 14(2): 36-42.

Smiley, E.T. 2003. Does included bark reduce the strength of codominant stems? Journal of Arboriculture 29(2): 27-33.

Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2005. Diccionario Forestal. Mundi-Prensa S. A. Disponible en: www.mundiprensa.com

Sterken, P. 2005. Una hipótesis sobre el diagnóstico de estabilidad del arbolado y protocolo para el análisis de estabilidad de arbolado mediterráneo. International Society of Arboriculture. Disponible en: www.isa-hispana.com

Valdez C.V. 1995. Situación del arbolado urbano de las delegaciones Benito Juárez y Cuauhtémoc, D.F. Tesis profesional. Escuela Nacional de Estudios Profesionales. U.N.A.M. México. 125 p.

Villalón R.R. 1992. Situación del arbolado urbano de alineación en la delegación política Venustiano Carranza de la Ciudad de México. Tesis profesional. Fac. de Ciencias, U.N.A.M. México. 107 p.

Wagener, W. W. 1963. Judging Hazard from Native Trees in California Recreational Areas: a Guide for Professional Foresters. Res. Paper PSW-RP-1. Berkeley, CA: Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture; 29 p.

Wessolly, L. 1996. Stability of trees: An explanation of the tipping process. Stand und Grün 4:268-272 Disponible en: www.tree-consult.org/ENGLISCH/Media/article4.pdf

Wessolly, L. y M. Erb. 1998. Handbuch der Baumstatik und Baumkontrolle. Patzer-Verlag, Berlin, Germany. *In*: Sterken, P. 2005. Una hipótesis sobre el Diagnóstico de Estabilidad del Arbolado y Protocolo para el análisis de estabilidad de arbolado Mediterráneo. International Society of Arboriculture. Disponible en: www.isa-hispana.com

10. APENDICE

Anexo 1

Categoría	Condición		Descripción	Clave	Puntaje
Árboles Muertos	Inclinados		Con una inclinación no mayor a 30°	1a	60
			Con una inclinación de 30° a 45°	1b	70
			Con una inclinación de 45° a 70°	1c	80
	Verticales		Con una altura menor a 6 m y 15 cm diámetro	1d	30
			Con una altura de 6 a 12 m y de 15.10 hasta 30 cm de diámetro	1e	40
			Con una altura mayor a 12 m y más de 30.1 cm de diámetro	1f	50
Árboles Vivos	Inclinados		Con una inclinación de 20° a 30°	2a	40
			Con una inclinación de 30° a 45°	2b	50
			Con una inclinación de 45° a 75°	2c	60
	Verticales	Ramas débiles	Ramas con mala inserción al tronco y/o ángulo incorrecto (mayores a 45°), o con corteza incluida	2d	20
		Ramas de gran tamaño	Con diámetro cercano o igual al del tronco principal y de gran longitud	2e	30
Árboles Declinantes	Incipiente		Presencia de follaje en un 70% o más de la copa. Ausencia de hojas en ramas terciarias y sus puntas muertas	3a	20
	Moderada		Presencia de follaje entre un 40% a 70% de la copa. Ausencia de hojas en ramas terciarias, hojas escasas en ramas secundarias. Ramas terciarias y puntas de ramas secundarias muertas	3b	40
	Avanzada		Presencia de follaje entre un 10% a 40% de la copa. Ausencia de hojas en ramas secundarias y terciarias, hojas escasas en ramas primarias. Ramas terciarias, secundarias y puntas de ramas primarias muertas. Brotes de follaje de yemas epicormicas en el tronco	3c	50
	Severa		Presencia de follaje en un 5% a un 10% de la copa, asociado a brotes de yemas epicormicas en la parte media y baja del tronco. Ramas terciarias, secundarias y primarias muertas	3d	60
Sanidad del Tronco	Árbol muerto con evidencias de ataque de barrenadores		Incipiente (hasta 20% de evidencia)	4a	10
			Moderada (20% hasta 50% de evidencia)	4b	15
			Severa (más de 50% de evidencia)	4c	20
	Árbol muerto con evidencias de pudrición en el tronco y ramas principales		Incipiente (hasta 20% de evidencia)	4d	10
			Moderada (20% hasta 50% de evidencia)	4e	15
			Severa (más de 50% de evidencia)	4f	20
	Árbol vivo con evidencia de ataque de descortezadores o barrenadores		Incipiente (hasta 20% de evidencia)	4g	10
			Moderada (20% hasta 50% de evidencia)	4h	20
			Severa (más de 50% de evidencia)	4i	30
	Árbol vivo con evidencia de enfermedades de origen biótico en el tronco y ramas principales		Incipiente (hasta 20% de evidencia)	4j	10
			Moderada (20% hasta 50% de evidencia)	4k	20
			Severa (más de 50% de evidencia)	4l	30
	Árbol vivo con evidencia de pudrición en el tronco		Incipiente (hasta 20% de evidencia)	4m	20
			Moderada (20% hasta 50% de evidencia)	4n	30
			Severa (más de 50% de evidencia)	4ñ	40

Continuación Anexo 1.

Sanidad del Tronco	Árbol vivo con daño mecánico ligero en la base del tronco y ramas principales	Incipiente (hasta 20% de evidencia)	4o	5
		Moderada (20% hasta 50% de evidencia)	4p	10
		Severa (más de 50% de evidencia)	4q	15
	Cuello de raíz	Pudrición Incipiente (hasta 20% de evidencia)	4r	20
		Pudrición Moderada (20% hasta 50% de evidencia)	4s	30
		Pudrición Severa (más de 50% de evidencia)	4t	40
		Estructuras fúngicas o cueros fructíferos	4u	50
Ubicación	Arbolado de alineación en calles y avenidas	Tráfico de automóviles y tránsito de peatones escaso y bienes muebles en su ángulo de caída	5a	30
		Tráfico de automóviles y tránsito de peatones moderado y bienes muebles en su ángulo de caída	5b	40
		Tráfico de automóviles y tránsito de peatones intenso y bienes muebles en su ángulo de caída	5c	50
	Arbolado en espacio público	Explanada, andador o jardín de uso escaso	5d	30
		Explanada, andador o jardín de uso moderado	5e	40
		Explanada, andador o jardín de uso intenso	5f	50