



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

DETERIORO AMBIENTAL EN EL PARQUE NACIONAL "DESIERTO DE LOS LEONES", D. F.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G A

P R E S E N T A

SARA TORRES ARAUJO



FACULTAD DE CIENCIAS UNAM

DIRECTORA DE TESIS: M. en C. MARIA CONCEPCION GARCIA AGUIRRE



FACULTAD DE CIENCIAS SECCION ESCOLAR

MEXICO, D.F.

2004.



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.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA





UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Sara Torres Araujo

FECHA: 25 de marzo del 2007

FIRMA: [Signature]

DRA. MARÍA DE LOURDES ESTEVA PERALTA

Jefa de la División de Estudios Profesionales de la Facultad de Ciencias

Presente

Comunicamos a Usted que hemos revisado el trabajo escrito:

"Deterioro Ambiental en el Parque Nacional Desierto de los Leones"

realizado por Sara Torres Araujo con número de cuenta 8830861-2

quién cubrió los créditos de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
Propietario

[Signature]
M. en C. María Concepción García Aguirre

Propietario

[Signature]
Dra. Lucía Almeida Leñero

Propietario

[Signature]
Dr. Carlos Melo Gallegos

Suplente

[Signature]
Dr. Héctor Garduño Argueta

Suplente

[Signature]
Lic. José Homero Avila Flores

Consejo Departamental de Biología

[Signature]

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chavez

FACULTAD DE CIENCIAS



UNIDAD DE ENSEÑANZA
DE BIOLOGIA

*A mi padre y amigo,
Gracias por estar siempre a mi lado.*

*A Jesús y Paulina, Rossy y Ro, Adelle y Caleb,
Gracias por su amor infinito que es lo que me mantiene
Siempre adelante*

*A el resto de mi familia:
los Rocha, los Partin, los Rodríguez y a los Moore.*

*Y por supuesto a todos los
Mexi''can'' con mucho cariño.*

Agradecimientos

A la UNAM “mi segundo hogar”. Especialmente a la maestra Concepción García por su paciencia y dedicación, a Lucia Almeida y Beatriz Ludlow por su ejemplo.

A la comunidad del laboratorio de Biogeografía de la Facultad de Ciencias (2002-2004), Gabriela Santibáñez, Silvia Zúñiga, José Hernández, Sinué Ferreira, gracias por su amistad inolvidable, especialmente a Víctor Ávila por todo su apoyo para la realización de este trabajo.

A Jannet, Julieta, Mariana, Gonzalo y todos los chicos del taller (2003-2004) por escucharme y darme ánimos, a Baldo por la ayuda con la compu. También a Ricardo Juárez por su apoyo en campo y a Emmanuelle Alvarado por su ayuda en el trabajo de gabinete.

Gracias a Verónica Aguilar por el soporte técnico, trabajo de campo durante la elaboración de esta tesis.

Agradezco a todas las instituciones de gobierno por la ayuda recibida para la obtención de documentos, a la CORENA (central) en el D. F., especialmente a José Ávila y las direcciones de Ordenamiento Ecológico y Áreas Naturales Protegidas y de igual forma a la Delegación Cuajimalpa de Morelos.

Muy especialmente quiero agradecer a “la banda” de mi generación: Lauriux, Idaliux, Silviux, Eviux, Carlos, Poncho, Lenin, Edgar, Ricardo y Juanito* porque muchas veces fueron mi impulso para continuar en esto. A Conni y muy especialmente a Ivette Reza por “todo”.

Gracias a todos mis amigos especialmente a Lee y Denisse, a toda mi familia de la METRO por sus oraciones y amor.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES	2
3. OBJETIVOS.....	4
4. MARCO TEORICO.....	4
4.1 Deterioro ambiental y tipos de deterioro	4
4.2 Las evaluaciones de impacto ambiental en México.....	10
4.3 Métodos y técnicas de evaluación de impacto y deterioro ambientales.....	12
5. AREA DE ESTUDIO	16
5.1 Reseña histórica y localización.....	16
5.2 Características abióticas	19
5.3 Características bióticas	20
5.4 Parque Nacional	22
6. MÉTODOS.....	24
6.1 Delimitación y reconocimiento del área de estudio.	26
6.2 Cambio de cobertura y tasas de deforestación.....	28
6.3 Evaluación del estado actual de deterioro del bosque.....	30
6.4 Análisis de factores de deterioro reportados en literatura dentro del área de estudio.....	33
6.5 Análisis integral de resultados	35
7. RESULTADOS	36
7.1 Cambio de cobertura en el bosque y tasas de deforestación.....	37
7.2 Análisis de los datos de campo	44
7.3 Deterioro reportado en el análisis de referencias bibliográficas.....	53
7.4 Análisis integral de resultados	60
8. DISCUSIÓN.....	65
9.CONCLUSIÓN.....	67
11. BIBLIOGRAFÍA	72
12. ANEXOS.....	75

La creación fue sometida a la frustración, no por su propia voluntad, sino por la voluntad de aquel que la sometió, con la esperanza de que ella misma será libertada de la esclavitud de la corrupción... Romanos 8:20,21

1. INTRODUCCIÓN

La humanidad siempre ha dependido de los recursos naturales; la relación de estos con nuestra existencia es una preocupación mundial, pues es innegable que en varias partes del mundo, los recursos están sufriendo una notoria disminución en su calidad y cantidad, algunos han desaparecido a causa del incremento demográfico, de su inadecuada distribución y de la ignorancia con que el hombre interviene en los hábitats naturales, constituyendo un peligro grave para el porvenir del género humano. Ejemplos notables del deterioro de los recursos naturales en el mundo han sido el aumento de la temperatura, la reducción de la capa de ozono y en general la disminución y pérdida de servicios ecosistémicos. Muchos científicos consideran que el deterioro ambiental actual está alcanzando un umbral crítico incalculable, el cual puede ser irreversible.

El deterioro de los recursos naturales en nuestro país ha sido ocasionado principalmente por el manejo inadecuado de los mismos. Las actividades económicas de México tales como agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, industria petrolera, hidroeléctrica, química entre otras, así como el turismo e infraestructura de asentamientos humanos, se han llevado a cabo a través del tiempo, en su mayor parte, sin medidas efectivas que mitiguen sus efectos (García y Pérez, 2002). En su análisis integral del problema ambiental en México, estos autores identifican al Eje Volcánico Transmexicano como la región más alterada del país, debido a los siguientes factores: a) en esta región la presión demográfica es la más alta, ya que se concentra la mayor parte de la población total del país; b) se han establecido industrias altamente contaminantes formando extensos corredores; c) altos índices de deforestación, incendios forestales y erosión. Por su parte, Aguilar y Ruiz (1987) mencionan de igual manera que la vegetación del Distrito Federal y alrededores se encuentra en proceso de deterioro y peligro de desaparición, como consecuencia de factores de presión propios de las grandes ciudades como el crecimiento descontrolado de la población, la contaminación ambiental, compactación de suelos, aparición y desarrollo de plagas y enfermedades, entre otros.

Las culturas anteriores a la colonización española en México, tenían un profundo respeto por la naturaleza y una conciencia de la conservación de los recursos naturales. Y aunque el valle de México ya contaba con una población alta, es evidente que la llegada de los españoles marca una situación de cambio en contra de los recursos naturales en esta zona ya que el país debía destinar gran parte de su producción para cumplir con los requerimientos de España (Vargas,

1984). Ahora bien, oficialmente la conservación en nuestro país se inicia en 1876, con la protección del “Monte Nacional del Desierto de los Leones”, principalmente por los manantiales que se originan en este lugar y cuyas aguas abastecen a la Ciudad de México desde la época colonial (Sosa, 1952; Vargas, 1984).

Uno de los personajes más importantes por su labor en la conservación de los bosques fue el Ing. Miguel Ángel de Quevedo quien pudo comprender la importancia de la protección forestal y en la fase preparatoria de la Constitución de 1917, realizó gestiones ante los legisladores, solicitando una ley federal para la protección de los recursos forestales, influyendo positivamente en la política forestal, como lo indica la creación del primer Parque Nacional, “el Desierto de los Leones”, establecido por Decreto Presidencial en noviembre de 1917. Así, este es el primer Parque Nacional de México en su género (Vargas, 1984 y SARH, 1994a). A pesar de estos esfuerzos el Desierto de los Leones es uno de los lugares que ha sido más afectado por el deterioro en el D. F.

2. ANTECEDENTES

Antes de 1984, la mayor parte de la información que se tenía sobre el Desierto de los Leones era resultado de trabajos parciales y muy antiguos. Se conocía poco de las condiciones edafológicas, climáticas y geológicas específicas de la región; los listados faunísticos eran incompletos y los datos sobre vegetación, poco decían sobre su estructura y cambios temporales así como de la incidencia de plagas y enfermedades. En 1983, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INIF), realizó un inventario forestal en el parque, proporcionando informes actualizados sobre el estado fitosanitario del bosque y que sirvieron de pauta para emprender acciones de saneamiento forestal. Sin embargo, quedaban pendientes de aclarar las causas que originaron los daños observados en la masa forestal (COCODER, 1993).

Documentos presentados por la Comisión de los Recursos Naturales para el D. F. (COCODER, 1983; CORENA, 2003) indican que la zona Metropolitana de la Ciudad de México ejerce presiones sobre el Parque como consecuencia del acelerado aumento de asentamientos humanos a su alrededor, tales como la extracción excesiva de agua del parque para suministro público, utilización irracional de los recursos y emisión de altos niveles de contaminantes atmosféricos, entre otros; lo cual aunado al uso inadecuado al que se ha sometido al Parque y la falta de políticas de manejo bien definidas, han provocado alteraciones y problemáticas como las siguientes:

- Alta mortandad de arbolado, principalmente de oyamel, *Abies religiosa*
- Disminución de la regeneración (reproducción natural) de arbolado
- Cambios en la estructura de la vegetación
- Introducción de especies arbóreas exóticas
- Pérdida de humedad en el suelo, aunada a la extracción desordenada de agua
- Bajos niveles de poblaciones microbianas en el suelo, lo que dificulta el reciclamiento de nutrientes
- Incidencia de niveles importantes de contaminantes atmosféricos en el Parque.
- Riesgos de erosión en algunos sitios, aún cuando en la mayor parte del parque no es evidente
- Notable disminución de las poblaciones de fauna silvestre
- Imagen de abandono, destrucción y falta de homogeneidad en la infraestructura de servicios al visitante.
- Carencia de un programa permanente de evaluación de los recursos naturales.
- Presencia de incendios forestales

De acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (Vargas, 1984), se considera que para el año de 1917 el Desierto de los Leones contaba con todos los requerimientos para considerarlo como Parque Nacional, es decir, desde su creación este Parque ha mantenido un carácter de interés científico y educativo (es y ha sido base para la investigación y educación ambiental), recreativo y turístico (representada por un gran número de personas que gustan del contacto con la naturaleza); pero en lo que concierne a contener “un paisaje natural de gran belleza” ha cambiado drásticamente. Aún con todos estos problemas el Parque se considera de gran importancia ambiental ya que es recarga de mantos acuíferos, mitiga efectos de contaminación y alberga flora y fauna silvestre; por todo lo anterior, es imprescindible la atención inmediata a los bosques del Desierto, la importancia del sitio justifica la urgencia de una evaluación de los cambios causados por diversos factores de deterioro ambiental, objetivos que persigue éste estudio.

3. OBJETIVOS

Objetivo general:

- Evaluar el deterioro ambiental en el parque nacional “Desierto de los Leones”, D. F., en los últimos 36 años (1966-2002).

Objetivos particulares:

- Determinar la tasa de cambio de cobertura boscosa (índice de deforestación) entre los años 1966-1983 y 1983-1999.
- Evaluar el deterioro ambiental del bosque originado por factores causantes de deforestación como: incendios, plagas y enfermedades, y otros factores indirectos causados por la actividad humana (infraestructura, contaminación, etc).
- Definir los factores de alteración más significativos en esta zona, a través de un análisis integral.

4. MARCO TEORICO

4.1 Deterioro ambiental y tipos de deterioro

Landa *et al.* (1997) definen al deterioro ambiental como la modificación del ambiente que implica una reducción o pérdida de sus cualidades físicas y biológicas, causadas por fenómenos naturales o actividades humanas, lo que trae como consecuencia una reducción o pérdida en la disponibilidad de los servicios y beneficios a la población y a los organismos que convergen en el ambiente. Es un problema multidimensional y su forma y tasa varía entre regiones dependiendo de las actividades productivas, el marco ecológico, grado de industrialización y el escenario socio-económico en los que tiene lugar. A continuación se presenta en forma de reseña algunos tipos de deterioro ambiental considerados en este estudio.

La **deforestación** es un proceso provocado por diversos factores (tala, cambio de uso de suelo, incendios, etc.) altamente complejo que implica la remoción de cobertura vegetal y/o el cambio de uso del suelo. Se ha relacionado con la extinción masiva de especies, la alteración y desaparición de los ecosistemas naturales y se responsabiliza del 33% del total de emisiones de carbono a la

atmósfera, principal gas de efecto invernadero ligado al calentamiento global; numerosos estudios identifican a la expansión de la frontera agropecuaria, al crecimiento poblacional y a las actividades forestales, como los principales factores ligados con este suceso (Ordóñez, 2002). A su vez, Mendoza y Dirzo (1999) observan que la destrucción y fragmentación del hábitat (concepto utilizado como indicador de los cambios de uso de suelo) han sido reconocidos como el mayor peligro para la diversidad biológica. Comúnmente se señala que la deforestación, particularmente en selvas tropicales, juega un papel nocivo en la regulación de los gases atmosféricos y puede influenciar de forma significativa el clima en diferentes escalas.

Los efectos de la deforestación en bosques y selvas generalmente son la compactación del suelo ejercida por la lluvia después del desmonte (incremento de las inundaciones) y el aumento del efecto de albedo (reflectancia de luz y calor a la atmósfera). Además cuando se remueve la masa forestal, no sólo se incrementa el albedo, si no que el suelo remanente no es suficiente para retener la humedad de las lluvias, por lo que se sufre un proceso de desecación (Myers, 1984).

La historia de la deforestación en México se remonta a la época de la conquista, cuando las comunidades indígenas fueron forzadas a desplazarse a áreas boscosas cambiando así sus zonas de agricultura. Las grandes cantidades de madera requeridas para las actividades mineras durante la colonia contribuyeron a la pérdida de extensiones grandes de bosque. A finales del siglo XIX se eliminaron grandes superficies de bosque templado principalmente en el centro del país a causa de las concesiones dadas por el gobierno a diferentes empresas extranjeras. El empuje final al proceso de deforestación durante el siglo pasado se inicia en los años cuarenta y alcanza su máximo en las décadas de los sesentas y setentas afectando en su mayor parte a las selvas tropicales (Maser *et al.*, 1997).

Las causas principales de la deforestación en México son: incendios forestales, plagas, sobre pastoreo, erosión y tala inmoderada. Existen varias investigaciones sobre los efectos drásticos de la pérdida masiva del bosque; sin embargo, los datos cuantitativos acerca de este problema son escasos tanto en México como en otros países. Parte de esta incertidumbre se deriva también de la variación en los sistemas de clasificación de los tipos de bosque usados en cada estudio, además de que las actividades que causan la deforestación varían de acuerdo al tipo de bosque. De cualquier manera, ha sido obvio que los cambios de uso de suelo constituyen uno de los principales factores de deforestación en México; así lo reportó la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) en 1990, indicando que la población mexicana se expande

casi $2 \times 10 \text{ km}^2$ por año y el país tiene una población de 81.1×10 donde el 70% corresponde a zonas urbanas y el resto a zonas rurales; donde el crecimiento poblacional es de 2.1 %/año concluyendo que en México la deforestación esta altamente ligada al crecimiento poblacional. Los resultados del estudio de la FAO confirman que en México, como otros países de Latinoamérica, los factores socio económicos tales como la estructura inestable de la propiedad de la tierra, la organización institucional desfavorable para los pequeños propietarios de la tierra y para el desarrollo rural, así como los subsidios directos e indirectos para la ganadería, han sido determinantes en los patrones de cambio de uso de suelo. Específicamente en nuestro país, se observa que la deforestación está ligada a las estrategias de desarrollo rural seguidas por el gobierno en las últimas décadas y a la expansión de las áreas de ganadería que ha sido el factor líder causante de deforestación en bosques tropicales, afectando también a los bosques templados (Masera *et al.*, 1997; García y Pérez, 2002).

Quadri *et al.* (2002) consideran que la deforestación y la consecuente destrucción masiva del hábitat es un problema particularmente importante en nuestro país, señalando que se han perdido más de la mitad de los bosques templados, la mitad de las selvas caducifolias, más de un 90% de los bosques mesófilos y tal vez, más del 95% de las selvas tropicales húmedas. Además estos mismos autores señalan que sólo entre 1976 y 2000 se eliminaron más de 12 millones de hectáreas de ecosistemas forestales a tasas anuales promedio de pérdida que oscilan entre 500 mil y 600 mil hectáreas.

Las estadísticas acerca de las tasas de deforestación en nuestro país son variables. Se han estimado intervalos de 400,000 a 1.5×10^6 ha/año. Esta discrepancia está dada principalmente por los diferentes tipos de clasificación de bosques usados en cada estudio y por falta de más trabajo de verificación en campo. Algunos autores sólo incluyen bosques tropicales, otros bosques cerrados y abiertos, pero la mayoría solo utiliza para los cálculos a los bosques perennifolios, ignorando los patrones de deforestación en los bosques caducifolios (Masera *et al.*, 1997).

Otros estudios indican que aproximadamente 668,000 ha de bosque (167,000 ha de bosque templado y 501,000 ha de bosque tropical) se perdieron cada año durante el periodo de principios de los ochentas y la mitad de la década de los noventa, llevando la tasa de deforestación 1.29%/año (0.64% de bosques de coníferas y 0.64% para bosques de encinos) (Masera *et al.*, 1997).

Se ha señalado que los **incendios** son una de las causas principales de deforestación; la presencia desde tiempos remotos de incendios forestales en los bosques ha sido reportada a través de evidencias fósiles y fragmentos de carbón. No obstante, el papel ecológico del fuego en los ecosistemas es aún poco entendido. El fuego se origina a partir de fuentes naturales como descargas eléctricas durante tormentas, o humanas tales como actividades agropecuarias y forestales, así como por descuido y piromanía (García y Pérez, 2002).

El clima es determinante en la presencia de incendios forestales, presentándose en México una mayor frecuencia de éstos en la época seca, principalmente en los meses de febrero a mayo. El aumento en la temperatura, aunado a una baja humedad relativa atmosférica e intensa deshidratación de la vegetación constituyen condiciones idóneas para que se generen incendios (García y Pérez, 2002). Estos mismos autores, señalan que los incendios forestales son una de las principales causas de alteración dentro del Eje Volcánico Transmexicano, aunque en general estos incendios son muy frecuentes, su nivel de intensidad es de bajo a medio. La Comisión para los Recursos Naturales ha identificado a los incendios forestales como el segundo factor de deterioro de los bosques en el D. F., después del cambio de uso de suelo con fines urbanos y agropecuarios (CORENA, 1998).

En México los incendios se han incrementado desde la década de los ochentas. Un total de 804,000 ha de bosques presentaron una perturbación por incendios forestales durante mediados de los ochentas, de esta cantidad solo el área que no se regenera es tomada para hacer cálculos sobre tasas de deforestación. Las siguientes fracciones de área afectada por incendios forestales son las asumidas como de no regeneración: 30% bosques de coníferas; 40% bosques de encinos; 20% bosque tropical perennifolio y el 30% para bosque tropical caducifolio (Masera *et al.*, 1997). Específicamente para el D. F., CORENA (1998) reportó un promedio de 1,179 incendios forestales con una superficie de afectación total de 2,336.9 ha (dentro de las últimas cinco temporadas de estiaje)

Los daños de las **plagas y enfermedades** han llegado a niveles alarmantes durante los últimos años, afectando miles de metros cúbicos de madera que se traducen en pérdidas para el país por varios millones de pesos (SARH, 1994 b).

Dentro de las **plagas** destacan los insectos descortezadores que arrasan con grandes superficies arboladas cuando se presentan en forma epidémica. De estos, el género *Dendroctonus*,

(perteneciente a la familia Scolytidae) incluye a las especies que más afectan al recurso forestal. Esta familia es bastante numerosa, con aproximadamente 158 especies distribuidas en todo el territorio nacional y tienen un gran número de hospederos. En general, los adultos son escarabajos pequeños de forma cilíndrica, color café claro negro y con una longitud de un poco más de 1 mm los más pequeños y casi 1 cm en algunas especies del género *Dendroctonus*. Dentro de la corteza interna y el cambium construyen galerías de diferentes tipos, generalmente de forma muy característica, por lo que se puede identificar al género y a veces a la especie por la forma de la galería. Parte del aserrín producido por la construcción de los túneles sale por los agujeros de entrada, quedando retenido por las irregularidades de la corteza y se observa algunas veces en la base del árbol; otras veces, se observan escurrimientos de resina o pequeños abultamientos del mismo material pegados parcial o totalmente en la superficie del fuste de los árboles y en la base de las ramas. Los adultos cavan un pequeño túnel que va de la celda pupal hacia la superficie de la corteza del árbol y cuando salen, ya están en condiciones de infestar nuevos árboles. Algunas especies se transportan en grandes grupos para colonizar un nuevo hospedero; por tales hábitos pueden vencer con mayor facilidad la resistencia de árboles sanos (SARH, 1994 b).

Otro de los insectos descortezadores de importancia es el *Pseudohylesinus variegatus*. El daño que provoca es considerado como de hábitos secundarios, pero en un tiempo determinado puede ser muy destructivo, aunque generalmente infesta a hospedantes parcialmente muertos o muy debilitados. Las galerías paternas son transversales y largas, generalmente ocurren en el fuste y las ramas más grandes. Estos insectos excavan en la parte más interna de la corteza, en donde ovipositan; posteriormente las larvas se alimentan de los tejidos del floema, mientras que el xilema sufre desgarramientos ligeros en la superficie del cambium. La madera casi no es afectada, pero el árbol sufre la destrucción de su sistema de conducción y de sus meristemos secundarios, lo que junto con el flujo continuo de savia o resina producida por las heridas, lo debilitan gradualmente hasta producir su muerte. En México este descortezador infesta masas arbóreas de *Abies religiosa* (Aguirre y Bernal, 1988).

En el estudio de Aguirre y Bernal (1988) sobre la influencia del descortezador *Pseudohylesinus variegatus*, en la muerte del oyamel *Abies religiosa*, se destaca que *P. variegatus* ataca en forma continua durante el periodo estival a los oyameles del Parque Recreativo “Desierto de los Leones”, donde el éxito de los ataques se manifiesta en los individuos debilitados, al parecer en gran medida por factores externos (contaminación ambiental, disminución del manto freático y enfermedades) y así *P. variegatus* eventualmente cambia sus

hábitos de plaga secundaria a plaga primaria provocando la muerte de estos árboles débiles. Los árboles con copas casi muertas (con un porcentaje de copa viva de 25%, con un color de follaje café oscuro, una copa transparente [se ve perfectamente a través de ella] y con una punta muerta) fueron los que presentaron una mayor incidencia de daño por esta plaga; se presentaron 28 ataques en promedio por unidad de muestreo, de los cuales 26 fueron fallidos y 2 exitosos. También se manifestaron 4 ataques al floema en promedio por cuadro de corteza. Esto demuestra que estos árboles están siendo poblados densamente por este insecto descortezador (en una muestra de corteza de 20 cm² se encuentran 53 larvas vivas), provocando la muerte de los árboles pues no cuentan con el vigor suficiente para impedir el ataque y establecimiento de *P. variegatus*. Se puede inferir en gran medida la susceptibilidad de los árboles al ataque de este descortezador a través de la condición de su copa. Los árboles con copa sana (con más del 75% de copa viva, con una densidad de follaje no transparente), con un color de las hojas verde oscuro; presentan una retención del follaje de 4 años y una punta en forma puntiaguda. Estos árboles presentan un total de 23 ataques de este descortezador en promedio por unidad de muestreo. Estos ataques en su totalidad no fueron exitosos; debido al gran vigor que presentan los oyameles, que les permite repeler los ataques de este insecto.

Dentro de las **enfermedades**, las plantas parásitas son un problema muy importante en la región. El “muérdago enano”, “injerto”, o “matapalo”, es una de estas parásitas que en el pasado tuvo poca importancia pero actualmente se ha convertido en una enfermedad causante de daños severos en las coníferas de México (Andrade, 1981). Los muérdagos enanos correspondientes al género *Arceuthobium* de la familia Viscaceae, han sido considerados como uno de los agentes más severos de enfermedad en las coníferas de México, aunque no existen datos cuantitativos acerca de su importancia. Esta planta parásita de amplia distribución infecta grandes extensiones forestales, atacando árboles de los géneros *Pinus*, *Abies* y *Pseudotsuga*, siendo el primero el hospedero más común (Andrade, 1981).

Los muérdagos enanos no presentan hojas, solamente tienen un par de pequeñas escamas en cada segmento de las yemas, son dioicos, la proporción de plantas masculinas y femeninas es generalmente la misma, ambas flores son pequeñas y no visibles. Esta planta tiene un mecanismo explosivo único de dispersión de la semilla. En la madurez, la semilla se expele en forma violenta del fruto a velocidades iniciales de cerca de 100 km por hora. Las semillas pueden alcanzar distancias de hasta de 30 m, sin embargo, la tasa de dispersión de los muérdagos enanos a través de un bosque es relativamente baja, de 0.6 a 1 m por año. El ciclo de vida del muérdago es largo,

el tiempo transcurrido entre la infección y la producción de semilla es generalmente de 4 a 6 años y a veces mayor (Hawkworth, 1980, en: Andrade 1981).

Los efectos adversos de estas plantas en sus hospederos son: reducción en el crecimiento y en la producción de semillas, aumento de la mortalidad, baja calidad de la madera y aumento en la susceptibilidad al ataque de insectos y hongos. El síntoma más evidente es la formación de “escobas de bruja” (forma de crecimiento de esta planta sobre el hospedero) y protuberancias en la base (Andrade, 1981).

En México se han reportado 19 especies de muérdagos enanos con 29 hospederos, todos ellos confinados a las coníferas; se distribuyen a lo largo de la Sierra Madre Oriental y Occidental y el Eje Volcánico Transmexicano (Andrade, 1981).

Las principales especies que afectan a *Abies religiosa* son: *Arceuthobium abietis religiosae*, que es una planta parásita que ataca las ramas principalmente; disminuye el crecimiento y ocasiona tumores y deformaciones de las ramas, y en algunos casos ocasiona la muerte; *Pseudohylesinus variegatus*, *Scolytus mundus* e *Hylurgops florhrii*, ocasionan un descortezamiento de la punta del árbol; *Evita hyalinaria*, causa defoliación del árbol; *Fomes pinicola* y *Polyporus borealis*, son hongos que atacan directamente la madera viva y en ocasiones provocan la muerte del oyamel (Aguirre y Bernal, 1988).

4.2 Las evaluaciones de impacto ambiental en México

En el proceso de deterioro de un ecosistema determinado intervienen factores múltiples por lo que su estudio es complejo. Se requiere analizar este proceso desde perspectivas físicas y biológicas, y subsecuentemente relacionarlo con factores socioeconómicos y de producción (Landa *et al.*, 1997). La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales utiliza el término impacto ambiental y lo define como la modificación del ambiente ocasionado por la acción del hombre o de la naturaleza.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (1997) en su artículo 28 indica que: “la evaluación de impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría (SEMARNAT) establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente; preservar y restaurar los

ecosistemas a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el ambiente. Para ello, en los casos que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna obra o actividad, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría...” (LGEEPA, 1997; edición de 1999).

De tal manera que la evaluación de impacto ambiental se entiende como el conjunto de procedimientos que permite determinar de antemano, mediante la identificación y cuantificación de los daños y/o beneficios que se puedan registrar, las condiciones ambientales que podrían suscitarse a futuro, en la medida que se desarrolle una acción propuesta en el presente. Se entiende entonces que una evaluación de impacto ambiental es el estudio encaminado a identificar, predecir e interpretar, así como para prevenir las consecuencias o los efectos que las acciones o proyectos pueden causar a la salud, al bienestar humano o al ambiente; tiene como objetivos, el dar a conocer a los responsables de las decisiones y a la sociedad acerca de los efectos que sobre el ambiente tiene un proyecto y proporcionar información que permita ponderar efectos en el proceso de decisión (Jiménez, 2002).

La SEMARNAT de acuerdo con el tipo de proyecto, acepta por parte de los interesados diversas modalidades de manifestaciones de impacto ambiental: Informe preventivo, MIA general, MIA intermedia, MIA específica. Dichos documentos tienen como objetivo observar que la obra o actividad que se realizará no causa desequilibrio ecológico ni rebasa los límites y condiciones señalados en los reglamentos y normas emitidas por la Federación para proteger el ambiente; señalar el posible escenario ambiental resultante de la ejecución del proyecto (vinculación y descripción de los impactos ambientales), para lo cual los promoventes utilizan diferentes técnicas para la determinación de los impactos ambientales. En cuanto a lo que la federación se refiere, la SEMARNAT tiene la facultad para evaluar las manifestaciones de Impacto Ambiental de proyectos de desarrollo que le presenten los sectores públicos, social y privado, de acuerdo con la normatividad aplicable, teniendo varias posibilidades, (LGEEPA, 1997; edición de 1999; Jiménez, 2002) tales como:

- Autorizar el proyecto tal y como se propone
- Añadir medidas de protección y prevención (medidas de mitigación)
- Modificar el proyecto para mitigar o evitar los efectos negativos identificados (incluso con la elección de otro sitio para su ejecución)
- No autorizar el proyecto

Para el desarrollo del presente estudio, se utilizaron algunas técnicas comunes de evaluación de impacto ambiental, además de otros métodos existentes para la determinación del deterioro ambiental, los cuales se describen en el apartado siguiente.

4.3 Métodos y técnicas de evaluación de impacto y deterioro ambientales

Existen diferentes métodos y técnicas para la estimación de la magnitud e importancia de diversos factores de deterioro ambiental e impactos ambientales. Sin embargo, ninguna de ellas tiene características o dimensiones universales, ni es totalmente idónea, para un proyecto determinado. La experiencia ha demostrado que las mejores evaluaciones de impacto ambiental son aquellas que se realizan al combinar técnicas diferentes (Bojórquez, 1989). La elección depende de las necesidades específicas y del tipo de proyecto.

Uno de los requisitos que deben cumplir estas técnicas, es incluir en el análisis todos los factores ambientales que necesitan ser considerados. Esto debido a que el ambiente es un sistema complejo de recursos físicos, biológicos, culturales y socioeconómicos, que pueden ser afectados por varios tipos de acciones (Canter, 1977). A continuación se describen brevemente algunas técnicas de evaluación de impacto ambiental, junto con otros métodos sobre estudios de deterioro ambiental, los cuales son importantes mencionar para los objetivos del presente trabajo.

Listas de verificación. Este método ofrece una guía mínima para realizar una evaluación de los efectos ambientales e indica además una calificación del impacto. Existen formatos de listas por tipo de proyecto o se pueden modificar para su uso. Las listas de verificación, por ser exhaustivas (tratan de incluir todas las condiciones ambientales existentes y todas las acciones propuestas del proyecto), son de difícil aplicación y contienen información muy generalizada; sin embargo se han adoptado en varios países, debido a que se pueden estandarizar para actividades específicas. Los inconvenientes principales de este método son que no permite establecer una relación causa-efecto y que no facilita la evaluación global del proyecto. El llenado de la tabla consiste en colocar marcas con diferente significado en la casilla correspondiente, un ejemplo de las tablas es dado a continuación en la tabla 4.4.1 (Jiménez, 2002).

Tabla 4.4.1 Ejemplo de lista de verificación

Impactos/acciones propuestas	Modificar Hábitat	Alterar Hidrología	Pavimentar	Urbanizar
Condiciones ambientales				
Clima	B	C	B	
Fauna salvaje	A		C	A
Fauna en peligro	A	B	C	A
Calidad de aire	C	A	A	B,C
Suelo	B	C	B	B,C
A: Impacto alto; B: Impacto medio; C: Impacto bajo				

Matrices de interacción Consisten en cuadros que enumeran en el eje vertical las características ambientales más susceptibles de ser afectadas por una serie de acciones, que se enumeran en el eje horizontal. Su propósito es examinar los factores causales que producen impactos específicos. Son útiles para identificar relaciones causa-efecto, aunque con restricciones. El método original, la matriz de Leopold (1971), fue diseñado con el fin de evaluar impactos asociados en cualquier tipo de proyectos de construcción; consiste en 100 acciones y 88 características ambientales. Los impactos esperados se catalogan en cada celda por medio de valores de magnitud (propagación del impacto) y de significancia (grado de importancia) dentro de una escala arbitraria de 1 a 10, con su respectivo signo; positivo, si se cree que el impacto será benéfico, o negativo si se piensa que será perjudicial (Bojórquez, 1989). Para su aplicación, se puede disminuir o aumentar su tamaño según convenga. El análisis de la matriz completa permite obtener una visión integrada de los impactos sobre los componentes del ecosistema.

Interpretación de fotografías aéreas. Carrillo (1985) define a la fotointerpretación como el arte de identificar los detalles y rasgos visibles del terreno, con base a sus imágenes en la fotografía o de deducir los que están escondidos por los efectos característicos de las imágenes visuales. En 1952 en México se inició el primer inventario forestal nacional utilizando fotografías aéreas y métodos estadísticos. Los tipos de películas utilizadas para las fotografías principalmente son blanco y negro, aunque también existen en color y en infrarrojo (Yves, 1989). Una de las finalidades más comunes en la fotointerpretación forestal es el de dividir la cobertura forestal en “áreas” o rodales homogéneos para calcular su superficie y localizar los sitios de estudio en el campo, de acuerdo a los fines deseados.

Moncayo (1970) indica que a través de la fotointerpretación se obtiene información de las distintas formas naturales o artificiales, contenidas en fotografías aéreas. Durante la fotointerpretación, se requiere de la elaboración de claves o guías, las cuales se definen como auxiliares gráficos o escritos, con los que se diferencian, califican y cuantifican una o varias características de los recursos representados en el modelo estereoscópico. Las claves se realizan mediante los criterios fotográficos cualitativos o cuantitativos, en correlación con su significado en el terreno y se basan en criterios como: tono (gradiente colorimétrico), textura (es la condición de repeticiones tonales en grupos de objetos que por su tamaño mínimo no son discernibles individualmente), forma (comprende el aspecto fotográfico de las características estructurales de los objetos observados, permitiendo su diferenciación, por ejemplo en arbóreos o no arbóreos). La utilización de esta técnica permite además el análisis de fotos aéreas de diferentes fechas obteniendo información sobre la superficie de bosque perdida en un periodo de tiempo determinado.

Cálculo de tasas de deforestación. Existe una gran controversia acerca de las tasas de deforestación en México, debido a que no existen suficientes estudios que permitan una estimación real a nivel nacional de este problema. Una contribución importante a los esfuerzos internacionales de evaluar los patrones actuales de uso del suelo, es el análisis detallado de los niveles y consecuencias de deforestación en escalas locales y/o regionales. A estas escalas, los problemas de método y organización pueden ser resueltos rápidamente y las estimaciones pueden ser sustentadas por trabajo de campo, aumentando así la veracidad de los resultados de investigación. Los estudios locales pueden tener un valor mayor, si además de las descripciones escritas sobre el nivel de deforestación, se elaboran mapas confiables que muestren la ubicación y los datos de cobertura de los bosques. Estos mapas pueden utilizarse para realizar estudios

subsecuentes del cambio en los bosques, así como para otro tipo de estudios (Dirzo y García, 1992).

Masera *et al.* (1997) indican que los bosques templados de coníferas abarcan el 32.8% del uso de suelo en nuestro país y estimaron la deforestación e incendios forestales en México, señalando que de los bosques templados de coníferas se han perdido 163×10^3 ha/año.

Análisis de mapas. La técnica se basa en la superposición de una serie de mapas de la misma área, en los cuales cada uno contempla un aspecto del medio ambiente. Se produce así una caracterización compuesta del ambiente regional (suelo, vegetación, actividades productivas, aspectos sociales) y se delimita la superficie afectada por el proyecto. La superposición de los mapas permite, por un lado, determinar el área de influencia y por otro, el nivel de afectación (Jiménez, 2002). Esta técnica se utiliza principalmente en estudios de ordenamiento territorial, para elaborar el mapa diagnóstico de la problemática ambiental del sitio. Permite considerar la información disponible de manera integral, para una mejor selección de alternativas y tiene la ventaja de representar espacialmente las zonas deterioradas. Además, ayuda a identificar la importancia de ciertos impactos ya que localiza los factores limitantes para ciertos usos de suelo, así como los aspectos del ambiente más sensibles de ser afectados.

Sistemas de información geográfica. Los estudios sobre deterioro ambiental que utilizan fotos aéreas y mapas han sido impulsados por el desarrollo relativamente reciente de los sistemas de información geográfica (SIG). Dichos sistemas son un conjunto de herramientas que permiten almacenar, transformar y analizar los datos espaciales para un propósito determinado (DeMers, 1999).

Un SIG está conformado por los siguientes subsistemas integrados en un sistema mayor:

- Un subsistema que permite capturar los datos, que colecta y procesa los datos espaciales de diferentes fuentes de información. Es además responsable en gran manera de la transformación de diferentes tipos de datos espaciales.
- Un subsistema de almacenamiento y recuperación que organiza los datos espaciales de tal forma que se puedan recuperar y editar.

- Un subsistema de manipulación y análisis que realiza las asignaciones u objetivos de los datos, estima parámetros y sintetiza, y tiene la capacidad de hacer modelos.
- Un subsistema de reporte, que muestra todo o parte de la base de información en forma tabular, gráfica o en forma de mapa.

Diversos autores coinciden en que las matrices de interacción son las técnicas principalmente utilizadas en nuestro país para la evaluación de impacto ambiental, debido a su bajo costo y fácil aplicación. Ducoing (1987) analizó 12 estudios desarrollados entre 1976 y 1986, que incluyen tres tesis de licenciatura en biología, siete evaluaciones elaboradas por empresas particulares para SARH y SEDUE, así como estudios realizados por personal de la desaparecida SAHOP y SARH. Los resultados muestran que las listas de verificación y las matrices son los más utilizados, se hallaron en 11 de los 12 proyectos. En años recientes existe una mayor tendencia a utilizar los SIGs y matrices en los estudios de impacto ambiental presentados ante el Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT; un ejemplo es el de Sterling (1991), el cual realizó una “Evaluación de impacto ambiental del proyecto de construcción de la presa y zona de riego llano de Mixquiapan, Hgo.”, utilizando como base para la identificación y evaluación de impactos, la sobreposición cartográfica y el uso de matrices ya que se consideran complementarias, además de ser integrales, descriptivas y flexibles.

5. AREA DE ESTUDIO

5.1 Reseña histórica y localización

El bosque del Desierto de los Leones, llamado así, posiblemente a causa del largo litigio sostenido por dos hermanos de apellido León en contra de un antiguo cacique de Coyoacán, con quien disputaban la posesión del monte; fue elegido por los monjes Carmelitas Descalzos en el año de 1604 para levantar ahí el monasterio de su Orden, así en 1606 se inicia la construcción del convento y se terminó en 1611, en el lugar que denominaron Desierto, como a todas las fundaciones que establecían fuera de las ciudades. Hacia el año de 1814, los Carmelitas abandonaron el lugar a causa de la guerra de Independencia. Fue hasta el 15 de noviembre de 1917, cuando el presidente Venustiano Carranza promulgó el decreto que lo define como “Parque Nacional Desierto de los Leones (COCODER, 1993).

El Parque Nacional Desierto de los Leones se localiza al suroeste del Distrito Federal (Figura 5.1.1) y pertenece a la unidad geomorfológica Sierra de las Cruces, que forma parte del sistema montañoso denominado Eje Volcánico Transmexicano. Específicamente, se ubica al suroeste de la Cuenca de México. La mayor parte del parque pertenece a la Delegación Cuajimalpa y una pequeña parte en la porción sur oriental a la Delegación Álvaro Obregón. Su superficie oficial es de 1 529 ha (COCODER, 1987) y sus coordenadas extremas son 19° 20' 18" y 19° 15' 40" de latitud norte y 99° 17'45" y 99° 20'00" de longitud oeste (SARH 1994a). El terreno del Desierto de los Leones desciende altitudinalmente de sur a norte, siendo la cima del cerro San Miguel el punto más alto con una altitud de 3 790 m snm, y la zona situada al norte del monasterio es el punto más bajo con una altitud de 2 700 m snm. La altitud media es de 3 250 m snm (COCODER, 1993).

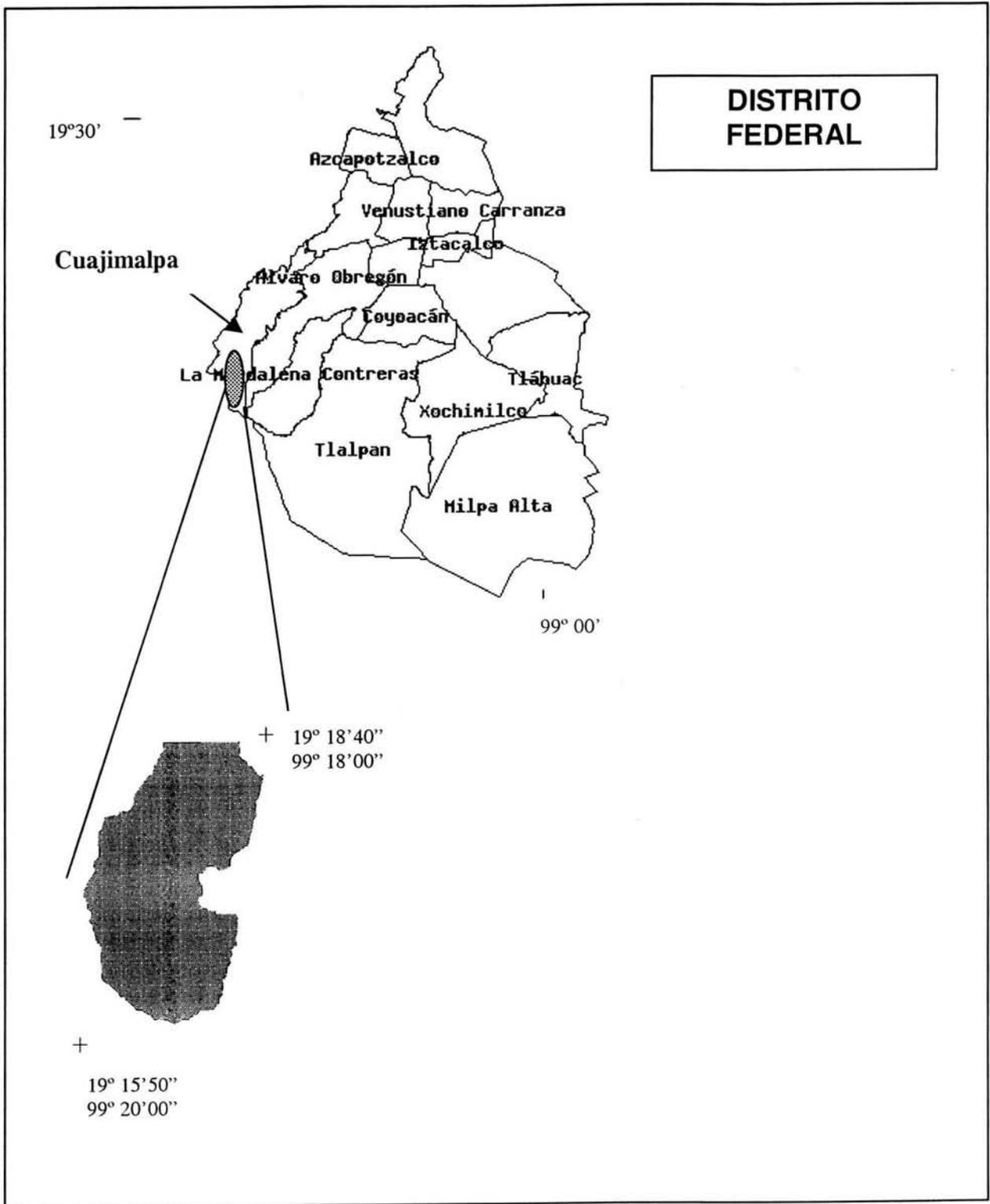


Figura 5.1.1 Ubicación del Parque Nacional “Desierto de los Leones”, D. F.

5.2 Características abióticas

El parque contiene numerosas cañadas, laderas y barrancas, más o menos profundas, con abundantes terrenos inclinados, con substratos constituidos por emisiones de rocas volcánicas extrusivas. Estas emisiones estuvieron constituidas por derrames hacia el norte que se presentaron en dos épocas básicas diferentes, caracterizadas litológicamente. En la primera de ellas, fueron emitidas andesitas por volcanes destruidos que se encontraban en el área ocupada actualmente por los cerros San Miguel y La Palma. Para la segunda época, en el Plioceno se presentaron nuevamente emisiones de andesitas y piroclastos, formados por brechas, cenizas y arenas volcánicas, constituyendo bancos de gran espesor (COCODER, 1993). Los suelos son profundos, bien drenados y ricos en materia orgánica, húmedos en general durante todo el año. Los valores de pH varían de 5 a 7, es decir son de reacción ligeramente ácida a neutros, sólo en una pequeña área hay suelos ácidos (COCODER, 1987), Sosa (1952) señala que predominan los suelos fértiles, profundos, de hasta dos metros de espesor y con abundante detritus orgánico, subsuelo rocoso e impermeable, reporta un porcentaje de material rocoso superficial de hasta de 1.5%. Por su parte, Alcocer *et al.* (1984; en: SARH, 1994a) registran texturas arcilloso-limosa, arenoso-arcillosa y arenoso-limosa con drenaje superficial bueno. Por debajo de los 3 600 metros particularmente, en los sitios ocupados por bosque de oyamel (*Abies religiosa*), se presentan suelos profundos, ricos en materia orgánica y húmedos todo el año. Por encima de este nivel el suelo se torna pedregoso, poco profundo y menos húmedo, involucrando el establecimiento de otro tipo de comunidades como el pastizal y el bosque de *Pinus hartwegii* (Reyes, 1986 en: SARH 1994a).

Al quedar enclavado en la cuenca de captación del río San Borja y arroyo Santo Desierto, casi la totalidad del Desierto está cubierta por vertientes abruptas cuyos parteaguas oriental y sur funcionan como referencias naturales en la delimitación del parque, mientras que a lo largo del sector occidental las escorrentías de una angosta ladera de pendiente moderada reconocen como nivel de base a tres corrientes que también se utilizan para la fijación de límites. La morfología quebrada del relieve determina un patrón fluvial dendrítico cuyo comportamiento queda regido por la influencia de condiciones bioclimáticas particulares; las aguas son aprovechadas con obras hidráulicas que artificialmente aceptan aguas del río San Borja y del arroyo Agua de Leones. El primer acueducto se inicia entre las Cañadas Palomas y el Trozal, en la cota aproximada de 3 525 m snm para descender paulatinamente y recibir en su trayecto nuevas aportaciones hasta que llega al paraje Cruz Blanca, en donde desciende por la cañada Agua Azul y se orienta al norte desplazándose paralelo a la carretera principal del parque que conduce a la Venta. El segundo

acueducto llamado Agua de Leones que aprovecha el caudal del arroyo del mismo nombre, se inicia en la cota aproximada de 3 400 m y corre siguiendo el límite occidental del parque hasta la zona de Cruz Blanca para entroncar con el acueducto antes señalado. Estos caudales hídricos se añaden al túnel de Lerma, que conduce el agua potable a la ciudad de México (Melo, 1979).

En la mayor parte del Parque, norte y centro, predomina el clima semifrío subhúmedo C (E) (w), con lluvias en verano. En la porción sur del parque se encuentra el clima semifrío húmedo C (E) (m) con abundantes lluvias en verano. Pasan dos isotermas, una en la porción norte de 10°C y otra en la porción centro – sur de 8°C. Una isoyeta de 1 500 mm pasa en la porción sur del parque. La temperatura no es extrema, ya que la fluctuación entre el mes más frío (enero, 8.2°C) y el mes más caliente (mayo 12.7°C) es de únicamente 4.5°C (INEGI, 1993 en: SARH, 1994a).

La temporada húmeda tiene una duración siete meses, iniciándose en abril con lluvias moderadas, que aumentan ligeramente el siguiente mes hasta intensificarse en junio. Las máximas precipitaciones ocurren de julio a septiembre. La época seca se inicia desde noviembre hasta marzo y sólo ocurren lluvias ocasionales; ambos períodos registran una lámina pluviométrica anual de 1,324 mm, confiriendo al ambiente del parque una elevada humedad relativa. En esta zona las precipitaciones son de tipo orográfico y convectivo que indistinta y frecuentemente producen aguaceros y chubascos por lo común acompañados de tormentas eléctricas y granizo (Melo, 1979).

5.3 Características bióticas

En el parque se presentan diferencias altitudinales de más de 1 000 m por lo que se registran distintas comunidades vegetales. El bosque de coníferas es dominante y está representado por comunidades de *Abies religiosa* (puras o mezcladas), de *Pinus hartwegii* y en menor proporción se reporta el bosque de encino representado por *Quercus sp.*

El bosque de oyamel tiene como límite más bajo 2,560 m snm mientras que el límite máximo es de 3,669 m snm y la altitud promedio va de 2,900 a 3,200 m snm; este bosque es perennifolio, denso y con árboles de 20 a 40 m, y escasos individuos muy altos (hasta 60 m). La densidad de oyameles en el Desierto de los Leones llega a ser de más de 200 árboles por hectárea, con área basal por hectárea de más de 40 m², volúmenes hasta de más de 600 m³ / ha y con

proyecciones de copa mayores a 300 m² / ha. Normalmente hay uno o dos estratos inferiores, independientemente de la cubierta arbustiva y de la herbácea, que varían de acuerdo con las condiciones de disturbio de la vegetación. En general las plantas trepadoras son escasas y las epífitas se reducen a algunos líquenes. En el estrato arbustivo los senecios son diversos y abundantes (*Senecio albonervius*, *S. andrieuxii*, *S. angulifolius*, *S. aschenbornianus*, *S. barba-johannis*, *S. cinerarioides* y *S. salignus*), con alturas de entre 1-3 m. Entre otros arbustos se encuentran *Baccharis conferta*, *Berberis trifolia*, *Physalis sp.* y *Ribes sp.* Respecto al estrato herbáceo, las especies representativas son *Acaena elongata*, *Alchemilla procumbens*, *Cirsium pinetorum*, *Physalis acuminata* y *Salvia elegans*. En algunas partes el bosque de oyamel es denso, con condiciones de penumbra en los niveles inferiores y con un desarrollo limitado de estratos arbustivo y herbáceo, con abundantes musgos, líquenes y macromicetos (Sosa, 1952; SARH, 1994a; COCODER, 1987 y 1993).

La comunidad de *Pinus hartwegii* se establece a partir de los 3 400 m snm sobre suelos menos húmedos y pedregosos caracterizándose por exhibir masas arbóreas prácticamente puras de esta especie. El bosque se caracteriza porque la altura de los árboles disminuye conforme aumenta la altitud, *P. hartwegii* alcanza 15 m o menos de altura y crece a bajas densidades, se caracteriza también por presentar un estrato bajo muy bien representado en el estrato arbustivo por *Lupinus spp.*, *Penstemon gentianoides* y *P. campanulatus*; frecuentemente se observan arbustos como *Senecio cinerarioides* y *S. salignus*, en tanto que el estrato herbáceo está compuesto principalmente de abundantes gramíneas amacolladas como *Calamagrostis tolucensis*, *Festuca sp.* y *Muhlenbergia sp.*, que llegan a medir más de un metro de altura. Además se localizan *Acaena elongata* y *Cirsium orizabensis* (Sosa, 1952; SARH, 1994a; COCODER, 1987 y 1993). El bosque de *Quercus* presenta 8 especies de encinos, entre los cuales están *Q. castanea*, *Q. mexicana* y *Q. rugosa*. En el estrato arbustivo se presentan *Baccharis sp.*, *Eupatorium sp.*, *Salvia sp.* y *Senecio sp.*, mientras que algunos representantes del estrato herbáceo son: *Brickellia pendula*, *Dalia coccinea* y *Geranium sp.* (COCODER, 1993).

Son pocos los trabajos que hacen mención de la fauna silvestre existente en el parque de forma específica y son escasos también los ejemplares registrados en colecciones científicas. Los trabajos más completos integrados por COCODER (1993) abarcan a las 4 clases de vertebrados que constituyen la fauna silvestre del Parque (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) y son los estudios de Smith y Taylor (1950), Edwards (1968) y Cevallos y Galindo (1984). En ellos se mencionan 8 especies de anfibios, 25 especies de reptiles, 18 especies de aves y 10 especies de

mamíferos. Por otra parte, existen trabajos como los de González (1964), Villa (1966), Aranda (1978) y Aranda *et al.* (1980) que a pesar de ser más recientes, están enfocados a un área mucho mayor, perdiéndose especificidad para el Parque, o trabajos como el de Alanis (1976), quien retoma reportes y registros ya existentes, como los de Leopold (1965), (COCODER, 1993).

En 1984 se inician los trabajos del “Inventario de la fauna silvestre del Parque”, como parte del Inventario diagnóstico de los recursos naturales del Desierto de los Leones (COCODER, 1984, en: COCODER 1993). El objetivo de estos trabajos fue la determinación de la riqueza de especies de animales silvestres existentes y su distribución en el área (anfibios, reptiles, aves y mamíferos), con el fin de proponer lineamientos para su conservación y aprovechamiento. El reporte final de estos trabajos se integró con los resultados de seis trabajos realizados entre 1984 y 1986. En este reporte se registra una especie de anfibios y cinco de reptiles, que representan el 8 y 16% respectivamente, de la herpetofauna reportada para la Cuenca de México. Con respecto al grupo de aves, se registraron un total de 74 especies, de las cuales el porcentaje de aves migratorias que hibernan en el Parque (36%) sobrepasa hasta casi tres veces a los porcentajes de aves migratorias reportadas en otros bosques similares. Los registros incluyen a 7 especies endémicas o exclusivas de la avifauna de México. Por otra parte, se registraron 14 especies de mamíferos medianos y grandes que representan a nueve familias. Los mamíferos pequeños (roedores) están representados por seis especies, de las cuales tres son exclusivas de la mastofauna de México. El grupo de los murciélagos quedó representado por dos especies, de las cuales una (*Tadarida brasiliensis*) aún no había sido reportada para el Parque.

CORENA (2003) reporta que los endemismos son considerables en el Desierto de los Leones, con 28 especies de vertebrados considerados endémicos, y que de acuerdo a la NOM-059ECOL.SEMARNAT.2002), 15 especies se encuentran en alguna categoría de riesgo (amenazada, sujetas a protección especial o en peligro de extinción). El grupo de los reptiles es el más afectado, pues el 50% de las especies se ubica en alguna de estas categorías.

5.4 Parque Nacional

De acuerdo con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), las ANP son porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional representativas de los diversos ecosistemas, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado y que producen beneficios ecológicos cada vez más reconocidos y valorados. Se crean mediante un decreto presidencial y las actividades que pueden llevarse a cabo en ellas se establecen de acuerdo con la LGEEPA. Dentro

de las ANP encontramos la categoría que corresponde a los Parques Nacionales, que se consideran como áreas con uno o más ecosistemas importantes por su belleza escénica, su valor científico, educativo de recreo, su valor histórico, por la existencia de flora y fauna, por su aptitud para el desarrollo del turismo o por otras razones análogas al interés general (CONANP, 2003).

Vargas (1984) en su estudio sobre Parques Nacionales de México, transcribe íntegra la definición adoptada por la Décima Asamblea General de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales: Parque Nacional es un área relativamente grande donde: 1) existen uno o varios ecosistemas que no han sido alterados por la explotación y ocupación humanas, las especies vegetales y animales, lugares y hábitats geomorfológicos tienen interés científico, educativo y recreativo especial o que contienen un paisaje natural de gran belleza; 2) la autoridad más competente del país ha tomado las medidas pertinentes para prevenir o eliminar lo antes posible, la explotación u ocupación en toda el área y para hacer respetar efectivamente las características ecológicas, geomorfológicas o estéticas que han conducido a su creación; 3) se permite la entrada a los visitantes, bajo condiciones especiales, para inspiración del individuo y con fines educativos, culturales y recreativos.

Masera *et al.* (1997) mencionan que las ANP en el país han aumentado a 5.7×10^6 ha al final de los ochentas. De este total cerca de 5.0×10^6 se sitúan en áreas bien conservadas relativamente. El 34 % del total de las ANP están localizadas en selvas perennifolias; 2% en selvas caducifolias, el 7% en bosques templados y el resto en bosques abiertos.

Las ANP están administradas por la SEMARNAT la cual ha delegado la administración del Desierto de los Leones a la Secretaría del Medio Ambiente en el Distrito Federal por medio de CORENA. Es importante mencionar que se tiene una adecuada coordinación con las instituciones que tienen ingerencia en el Área Natural Protegida, CONANP-SEMARNAT y la Delegación Cuajimalpa (CORENA, 2003)

6. MÉTODOS

El procedimiento utilizado para el desarrollo del presente estudio se desglosó en las fases siguientes:

- Delimitación del área de estudio
- Análisis del cambio de cobertura en un periodo de 33 años (1966-1983 y 1983-1999)
- Trabajo de campo
- Análisis de datos de campo
- Análisis de referencias existentes en la zona y comparación con los resultados obtenidos en este estudio
- Análisis integral de los factores de deterioro ambiental del Parque Nacional

El diagrama siguiente muestra estos diferentes puntos metodológicos.

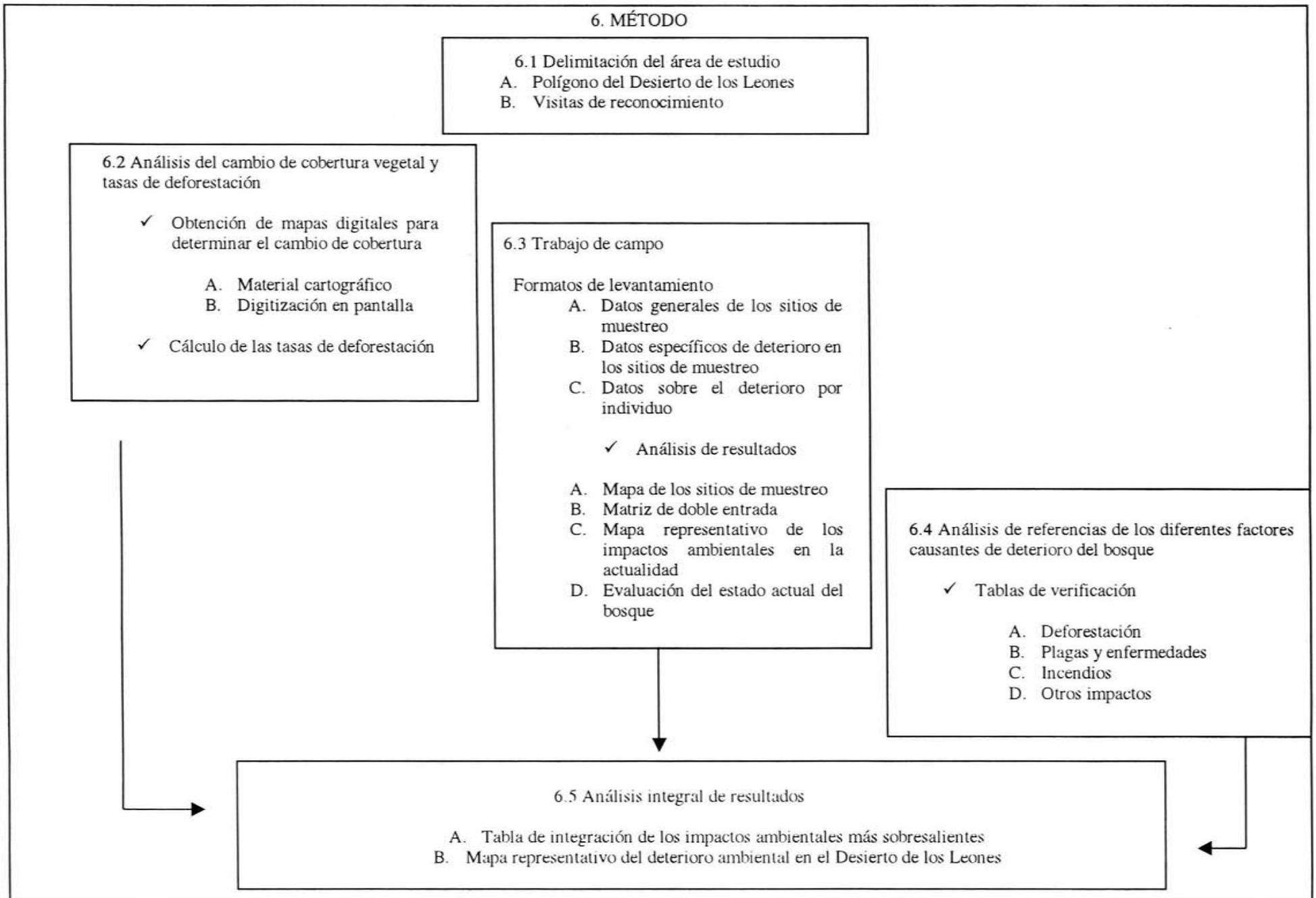


Fig. 6.1 Diagrama que muestra los puntos metodológicos a seguir en este estudio.

6.1 Delimitación y reconocimiento del área de estudio.

El polígono correspondiente al Parque Nacional Desierto de los Leones se obtuvo del mapa digital de ordenamiento ecológico del Distrito Federal (SMADF, 2002). Se hizo un corte y se creó un polígono georeferenciado en unidades métricas UTM (Fig. 6.1.1), utilizando el sistema de información geográfica “Integrated Land and Water Information System” (ILWIS 3.0).

Se realizaron visitas preliminares al campo con el fin de reconocer el estado general del parque, los tipos principales de comunidades vegetales, los detalles cartográficos y los caminos existentes, para el muestreo posterior.

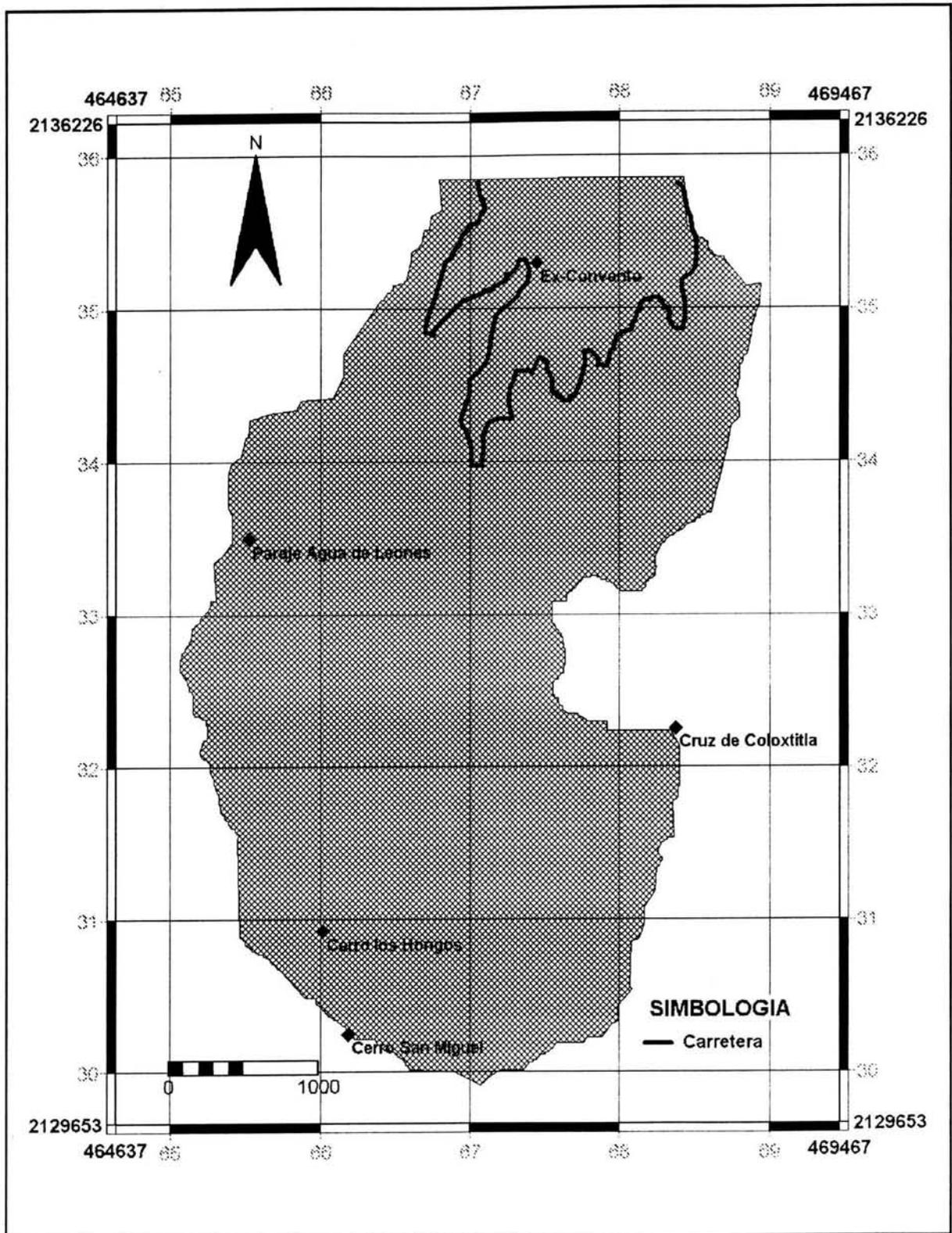


Figura 6.1.1 Parque Nacional Desierto de los Leones con base en el mapa de zonificación del Distrito Federal, CORENA 2002.

6.2 Cambio de cobertura y tasas de deforestación

Mapas digitales sobre el cambio de cobertura. Para la creación de los mapas de cambio de cobertura del bosque, se tomó como base el material cartográfico existente (tabla 6.2.1) y se procedió de la manera siguiente:

Tabla 6.2.1 Material cartográfico utilizado durante el desarrollo de esta investigación.

INFORMACIÓN	FUENTE	CLAVE	ESCALA	AÑO
Fotomapa (reproducción de una fotografía o un mosaico fotográfico, con cuadrícula, coordenadas y datos marginales)	Secretaría de la Defensa Nacional Departamento Cartográfico Militar	Desierto de los Leones (14Q-h (86))	1: 25 000	1966
Fotomapa	INEGI, Secretaría de Programación y Presupuesto	Desierto de los Leones E 14 A 39-D	1: 20 000	1983
Mosaico elaborado a partir de ortofotos digitales	INEGI	E 14 A 39	1: 20 000	1999
Mapa de Vegetación	SARH, Subsecretaría Forestal INIF Plano Forestal del Parque Nacional Desierto de los Leones	Sin clave	1: 10 000	1983

1. Se hizo un barrido digital con un scanner de los fotomapas y el mapa de vegetación para tenerlos en formato digital
2. Los archivos digitales se importaron al programa ILWIS 3.0 y se georeferenciaron (sistema de coordenadas UTM).
3. Para elaborar los mapas digitales de cobertura vegetal de los años 1966, 1993 y 1999 se digitizaron segmentos, puntos y polígonos de las coberturas forestales del área de estudio y del mapa de vegetación. De este último mapa se hizo una corrección del polígono que comprende el parque, debido a que el plano forestal SARH (1983) no coincidía con la superficie indicada en los mapas actuales del Desierto.

Las áreas de bosque se clasificaron en las siguientes categorías:

BC (Bosque cerrado): cobertura del bosque mayor al 50 %

BA (Bosque abierto): cobertura del 20 al 50%

BR(Bosque ralo o muy abierto): cobertura del bosque menor al 20%

Estas categorías se delinearón de manera subjetiva en los fotomapas considerando el tono, la textura, y la forma en las fotografías.

4. El fotomapa de 1983 no permitió diferenciar claramente estas categorías debido al poco contraste de tono que presentó, por lo que se realizó una corrección con ayuda del mapa de vegetación 1983 (figura 6.2.1), donde se tomó en cuenta "la espesura" (término forestal descrito en dicha carta, tomado en el estudio presente como sinónimo de cobertura).

5. Por último se calculó la superficie ocupada y su porcentaje por cada una de estas categorías (BC, BA, BR) para los años considerados.

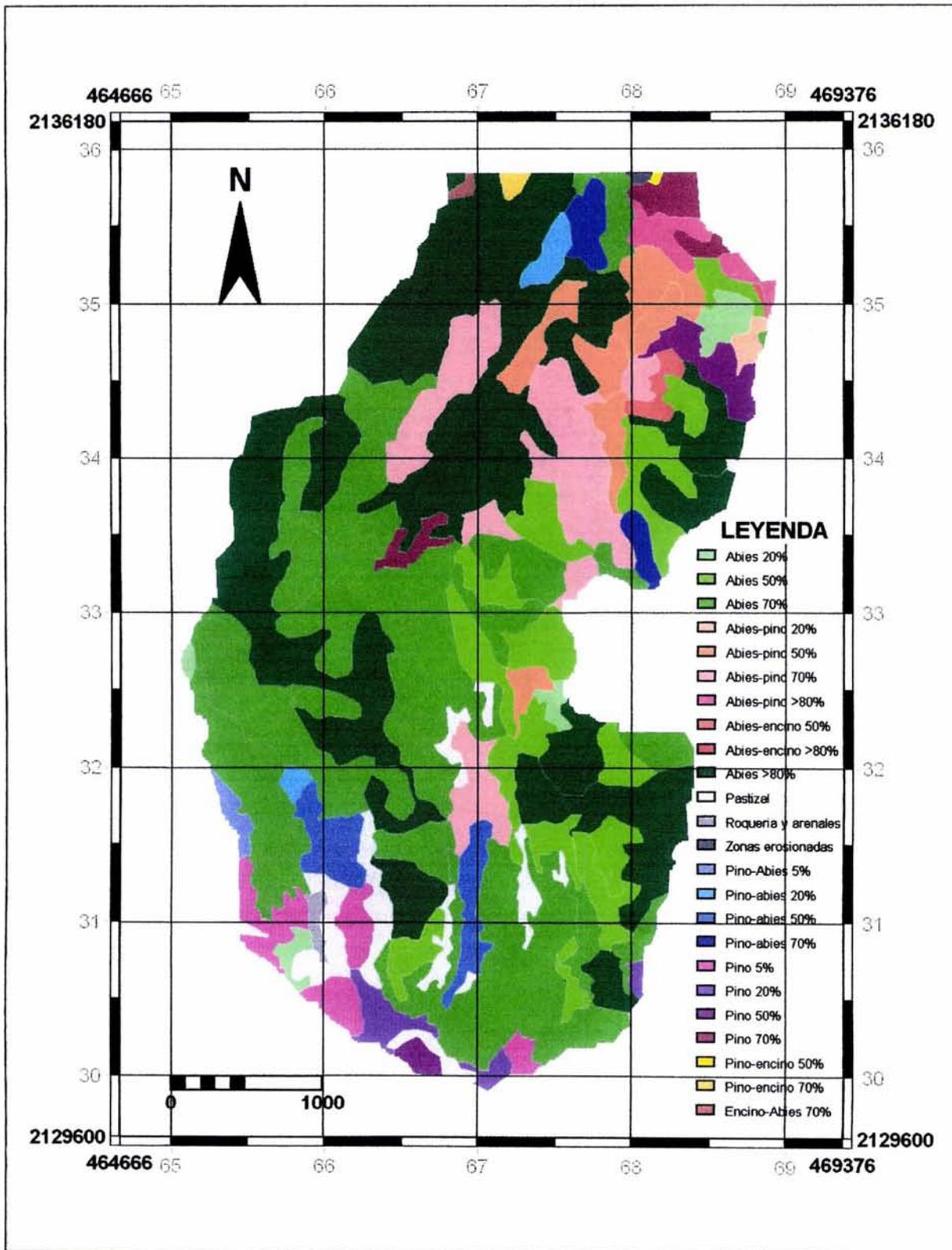


Figura 6.2.1 Mapa de vegetación del Desierto de los Leones (SARH 1983) cuyo polígono se modificó de manera que coincidiera con el que presentó CORENA 2002.

Cálculo de las tasas de deforestación Para estimar las tasas de deforestación se utilizó la fórmula propuesta por Dirzo y García (1992).

$$r = 1 - \frac{(A_1 - A_2)}{A_1}^{1/t}$$

Donde r = Tasa de deforestación

A_1 = El área del bosque en el período inicial

A_2 = es el área del bosque en el período final y

t = el número de años en el período dado.

6.3 Evaluación del estado actual de deterioro del bosque

El objetivo principal del trabajo de campo fue conocer el estado actual de deterioro del Parque, obtener una visión objetiva de los daños y relacionarlos con la información obtenida en la interpretación de las fotos aéreas de 1999 y en reportes previos.

Trabajo de campo. Para conocer el estado actual de deterioro del Parque Nacional Desierto de los Leones se seleccionaron 15 sitios de muestreo (levantamientos) dentro del parque tomando en cuenta como indicador principal de deterioro a la vegetación, ya que el daño infringido a esta, generalmente afecta a la fauna y suelo de manera directa. La ubicación de los cuadrantes se eligió de manera que se incluyeran los tipos principales de vegetación de la zona y rangos de altitud ya que estos parámetros marcan las diferencias más significativas entre los sitios.

Los levantamientos se elaboraron en cuadros de 25 por 25 metros (625 m²), en los cuales se tomaron los datos descritos en los formatos (Anexo III) que incluyen información general del sitio, y datos específicos sobre deterioro en el cuadrante y de cada individuo.

Análisis de datos de campo. Para facilitar el análisis eficiente de los datos de muestreo, se creó una base de datos en ACCESS 2000 y con estos datos se elaboró una matriz de interacción causa-efecto, que tiene por objeto mostrar la importancia y magnitud de los impactos ambientales. El diseño de la matriz de interacción de los datos del trabajo de campo se observa en la figura 6.3.1 donde en el eje vertical comprende el número de muestreo y los diferentes tipos de bosque

identificados en los 15 sitios de muestreo, y en el eje horizontal se indican los impactos encontrados durante la observación y análisis de los levantamientos. Estos incluyeron cuatro tipos de impacto: deforestación, plagas y enfermedades, incendios y otros impactos (causados por actividad humana).

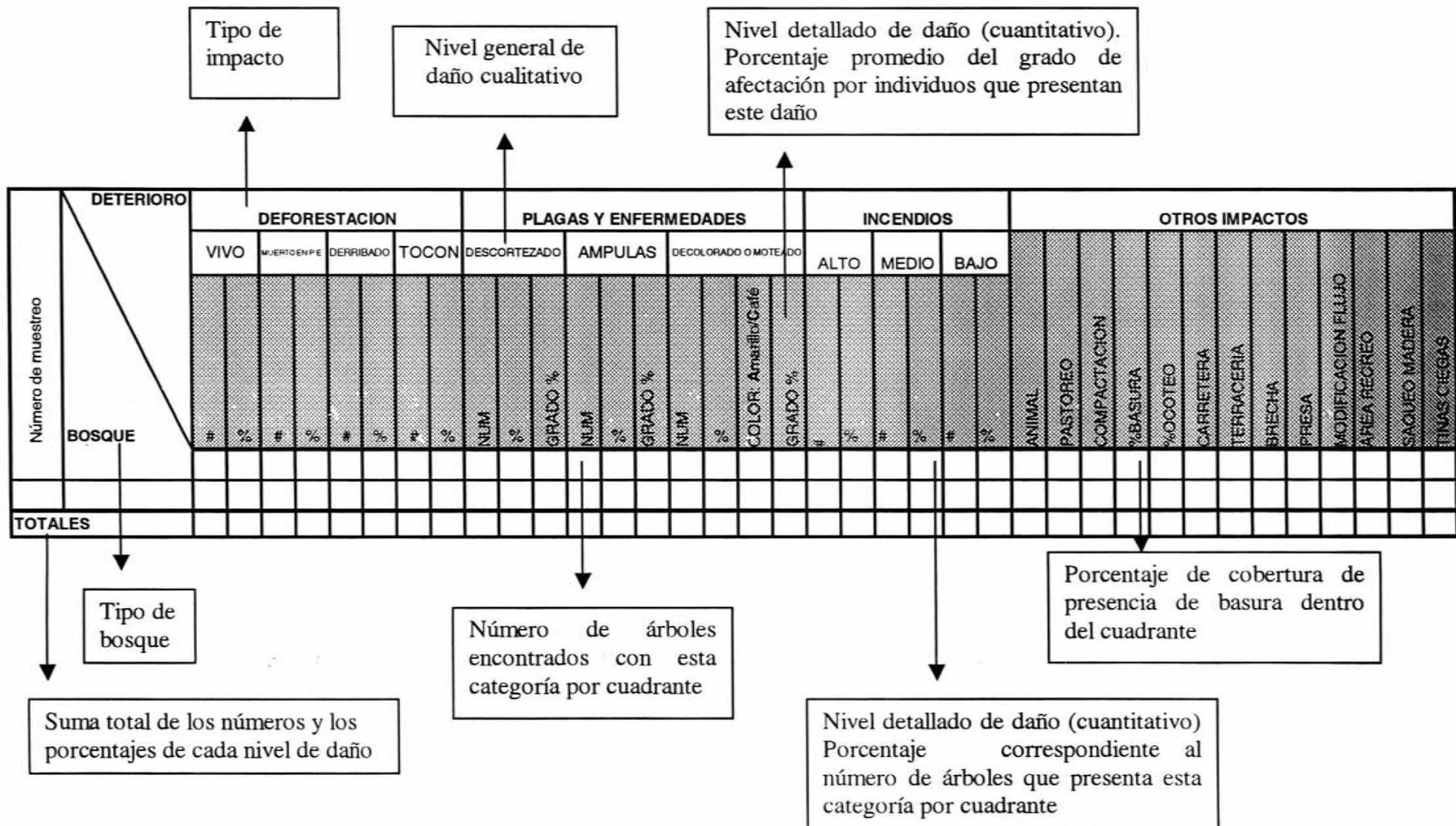


Figura 6.3.1 Formato de la matriz de interacción, para el análisis de resultados de los datos de campo.

La información se analizó de la siguiente manera: Se obtuvo el “porcentaje de afectación” por medio del número de árboles que se presentan por categoría de “nivel de daño (cuantitativo)”, donde el 100% está representado por el total de los árboles muestreados (621), dando a conocer de esta manera el porcentaje que representa cada “nivel de daño” por sitio de muestreo y en el total de los muestreos. De esta manera se obtiene una visión más objetiva del deterioro dentro del parque. Para los impactos relacionados con deforestación se observan en esta matriz las siguientes categorías de nivel general de daño: “muerto en pie”, “derribado” y “tocón”. En el rubro de plagas y enfermedades, los porcentajes de afectación fueron tomados de la misma manera, pero también se añadió el grado de afectación (cobertura porcentual) por nivel de daño (ámpula, decoloración o moteado, descortezado y muérdago). De tal manera que los datos que representan el grado de afectación por sitio, son el promedio de los porcentajes de cobertura de cada nivel de daño (cuantitativo) de cada individuo; es decir que de cada árbol se tomó el grado de afectación en porcentaje; luego se promedió con el total de árboles que presentan esta categoría en cada cuadrante. Para la categoría “decolorado o moteado” se agregó además el color que presentó.

El impacto de los incendios se clasificó como: alto, medio y bajo. Para obtener el porcentaje se dividió el número de árboles que corresponden al grado de afectación entre 621 (número total de individuos muestreados). Para “otro tipo de impactos”, sólo se menciona su presencia dentro del cuadrante, a excepción de la basura donde se indica el porcentaje de cobertura dentro del cuadrante.

La matriz de impactos de los datos de campo permitirá estimar el deterioro actual en el Desierto de los Leones. Además con los datos sobre deterioro de los muestreos se creó un mapa de puntos para ubicarlos y visualizarlos espacialmente.

6.4 Análisis de factores de deterioro reportados en literatura dentro del área de estudio

Para tener una mejor idea del deterioro ambiental en el Desierto de los Leones a través del tiempo, se revisaron documentos que tuvieran referencias sobre el deterioro ocurrido en el parque con anterioridad, tales como deforestación, incendios, plagas y enfermedades y otros impactos incluyendo los derivados de actividades humanas. Los datos de los documentos analizados se resumen en el anexo I y II; cada reporte en los anexos contiene un número de registro el cual corresponde a la primera columna de cada tabla presentada para el análisis de referencias bibliográficas, las cuales se explican a continuación.

Las tablas se elaboraron tratando de integrar las técnicas de evaluación de impactos ambientales de listas de verificación y la aplicación del análisis cualitativo descrito por Leopold *et al.* (1971) para matrices de interacción. Los datos contenidos en cada tabla son los siguientes:

- ✓ Número de registro (conforme a los anexos I y II)
- ✓ Año
- ✓ Daño y volumen afectado si se indica
- ✓ Causa si se indica
- ✓ Tipo de bosque afectado (o vegetación afectada en caso de incendio)
- ✓ Magnitud e intensidad*

* La magnitud está representada en una escala del 1-10; e indica la magnitud del evento, es decir, el área afectada. La intensidad muestra el grado de afectación o significancia del impacto en la misma escala, de acuerdo con Leopold (1971). Dado que estos números son subjetivos a continuación se explica la manera sugerida de llevar a cabo una valoración respecto a la magnitud y la intensidad en este estudio.

- Si el daño es causado a más del 30% del área o volumen del bosque la magnitud es igual a 10.
- 25% = 8
- 20% = 6
- Si solo se menciona (sin porcentaje o cantidad dañada) la magnitud se considera 5.
- 15% = 4
- 10% = 2
- Si es menor del 9% la magnitud se considera como 1.
- La importancia (que esta relacionada con el efecto en el ecosistema) se considera 10 si el estado del bosque se menciona como muerto o sus equivalentes.
- Si solo se menciona la palabra daño (o sus equivalentes) la importancia se considera como 5.
- Los equivalentes al valor 4 o menor se califican conforme a las observaciones que se describen en la literatura, por ejemplo si se hace mención de la existencia de una planta parásita pero no se menciona la palabra daño, el valor puede clasificarse como 1 pero si en la literatura se encuentra como planta parásita escasa el valor asignado será de 4.

Las tablas se clasificaron en: deforestación, plagas y enfermedades, incendios y otros impactos; en general cada tabla contiene los datos encontrados para cada registro (daño, causa,

etc.) Cabe mencionar que para la tabla de incendios se añadió la columna de superficie afectada, ya que la información obtenida lo indica.

El ejercicio de evaluación sobre magnitud e importancia, se realizó de manera específica (por cada registro) para las tablas de deforestación y plagas y enfermedades, ya que los datos proporcionados así lo permitieron. En cambio la evaluación de las tablas de incendios y otros impactos se hizo de forma generalizada por grupos, que en el caso de los incendios corresponde a la evaluación de magnitud e importancia por años y para la tabla de otros impactos, los grupos son los siguientes: contaminación, influencia humana, infraestructura, hidroingeniería, fenómenos naturales, y causas no específicas.

6.5 Análisis integral de resultados

Para la evaluación integral del deterioro ambiental dentro del Desierto de los Leones, se analizaron los datos obtenidos (tasas de deforestación, análisis de referencias bibliográficas y trabajo de campo), en un cuadro con los datos más sobresalientes de la evaluación. Se elaboró también un mapa representativo del deterioro ambiental actual, sobreponiendo el área que corresponde al bosque ralo (muy abierto) 1999 para señalar el área de deforestación; con el mapa de resultados sobre el deterioro ambiental clasificado en el trabajo de campo y un mapa presentado por CORENA (que se incluye en el anexo II) donde se señalan los daños reportados durante la evaluación del incendio ocurrido dentro del Parque en 1998.

7. RESULTADOS

Descripción general de factores principales de deterioro ambiental

Se reconocieron algunos daños en la vegetación durante los recorridos de campo tales como: gran cantidad de árboles muertos en pie y descortezados (foto 1); defoliación en *Abies religiosa* (foto 2); presencia de muérdago “planta parásita” en *Pinus hartwegii* (foto 3). En el vivero se observó ganado (aproximadamente 15 individuos). En la zona del manantial “agua de leones” (zona oeste) se observaron tuberías y bombas de agua, es en esta parte donde el bosque de oyamel se ve sano y donde existen indicios de regeneración o reforestación (foto 4).



Foto 1. Arbolado muerto en pie.



Foto 2. Defoliación en *Abies religiosa*.



Foto 3. *Pinus hartwegii* con muérdago.



Foto 4 Área reforestada.

7.1 Cambio de cobertura en el bosque y tasas de deforestación

En la siguiente serie de mapas (figuras 7.1.1, 7.1.2, 7.1.3) se muestra la superficie de bosque cerrado “BC”, bosque abierto “BA” y bosque ralo (muy abierto) “BR”, existente durante los años 1966, 1983 y 1999. En la figura 7.1.4 se puede apreciar el cambio notable de cobertura forestal dentro del Desierto de los Leones, desde 1966 a 1983 y de 1983 hasta 1999.

Las áreas calculadas para estas tres categorías por año considerado, se muestran en la tabla 7.1.1, donde se observa el cambio de cobertura en periodos de 16 años dentro de la zona de estudio.

Tabla 7.1.1 Comparación de la cobertura de suelo en las diferentes fechas analizadas, se señalan las áreas totales calculadas y el tiempo transcurrido entre cada período de análisis y el error de cálculo entre las tres fechas.

Cobertura 1966	Área (ha)	Cobertura 1983	Área (ha)	Cobertura 1999	Área (ha)
Bosque cerrado	1268.37 BC		1075.86 BC		580.80
Bosque abierto	181.48 BA		357.48 BA		516.60
Bosque ralo	54.16 BR		70.70 BR		407.11
Tiempo entre periodo analizado		16 años		16 años	
área total calculada	1504.00		1504.05		1504.52
error de cálculo					0.28

Sobre esta tabla es importante señalar que las áreas totales para cada año considerado, no corresponden con exactitud al área total de 1 529 ha que comprende el polígono del Desierto de los Leones, y que también existe un error dentro de las áreas totales calculadas, debido a la interpretación y técnica utilizada en este trabajo, que fue la creación de polígonos para cada mapa fotográfico dentro de un SIG. De lo anterior se indica el error entre las áreas totales de las tres fechas analizadas, que corresponde a 280m²; el cual corresponde a la desviación estándar (medida de la dispersión de los valores respecto a la media [valor promedio]) de las áreas totales de las diferentes fechas analizadas.

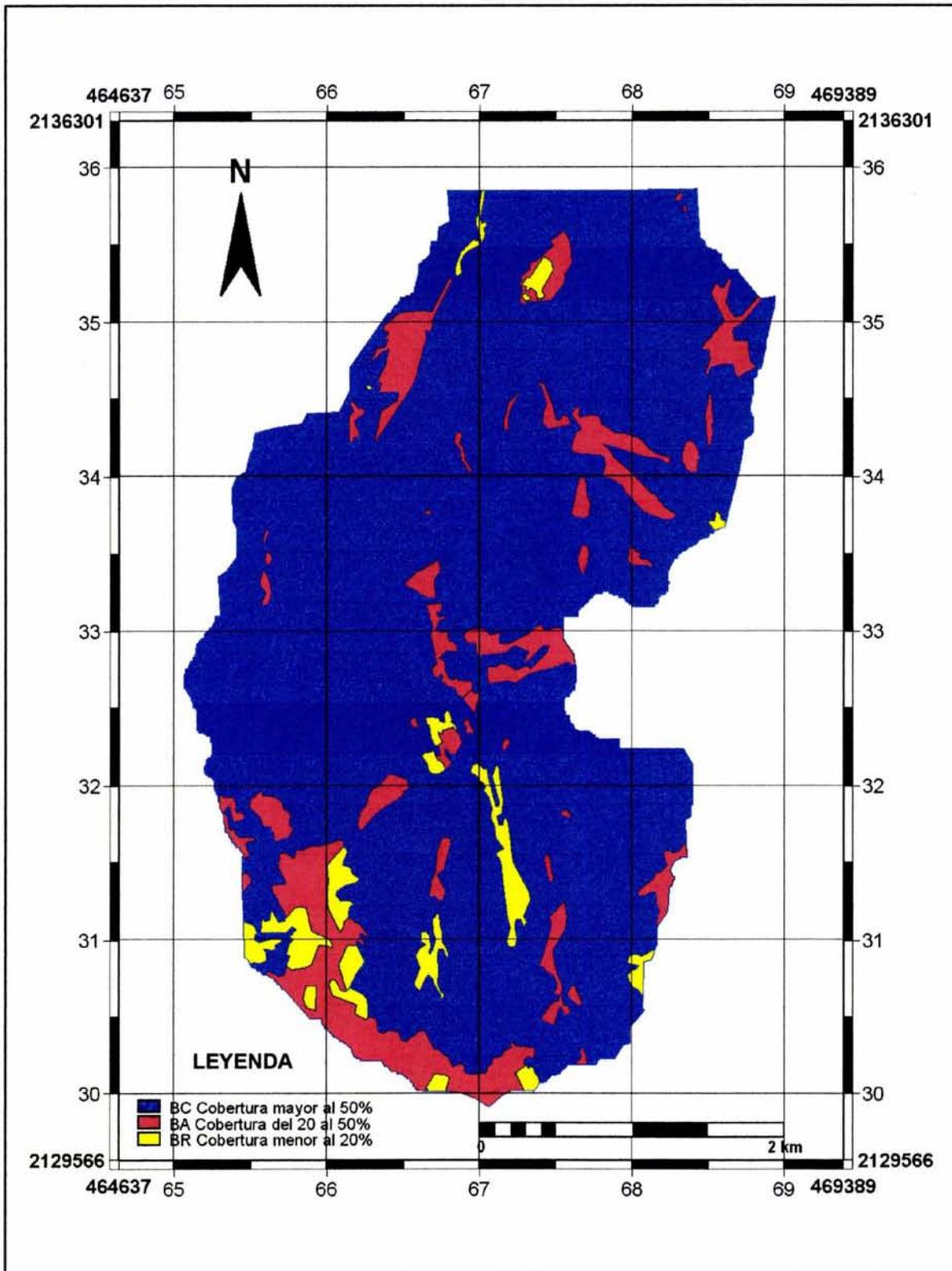


Figura 7.1.1 Mapa de cobertura forestal de 1966 donde se observa que el Bosque cerrado (BC) es el dominante.

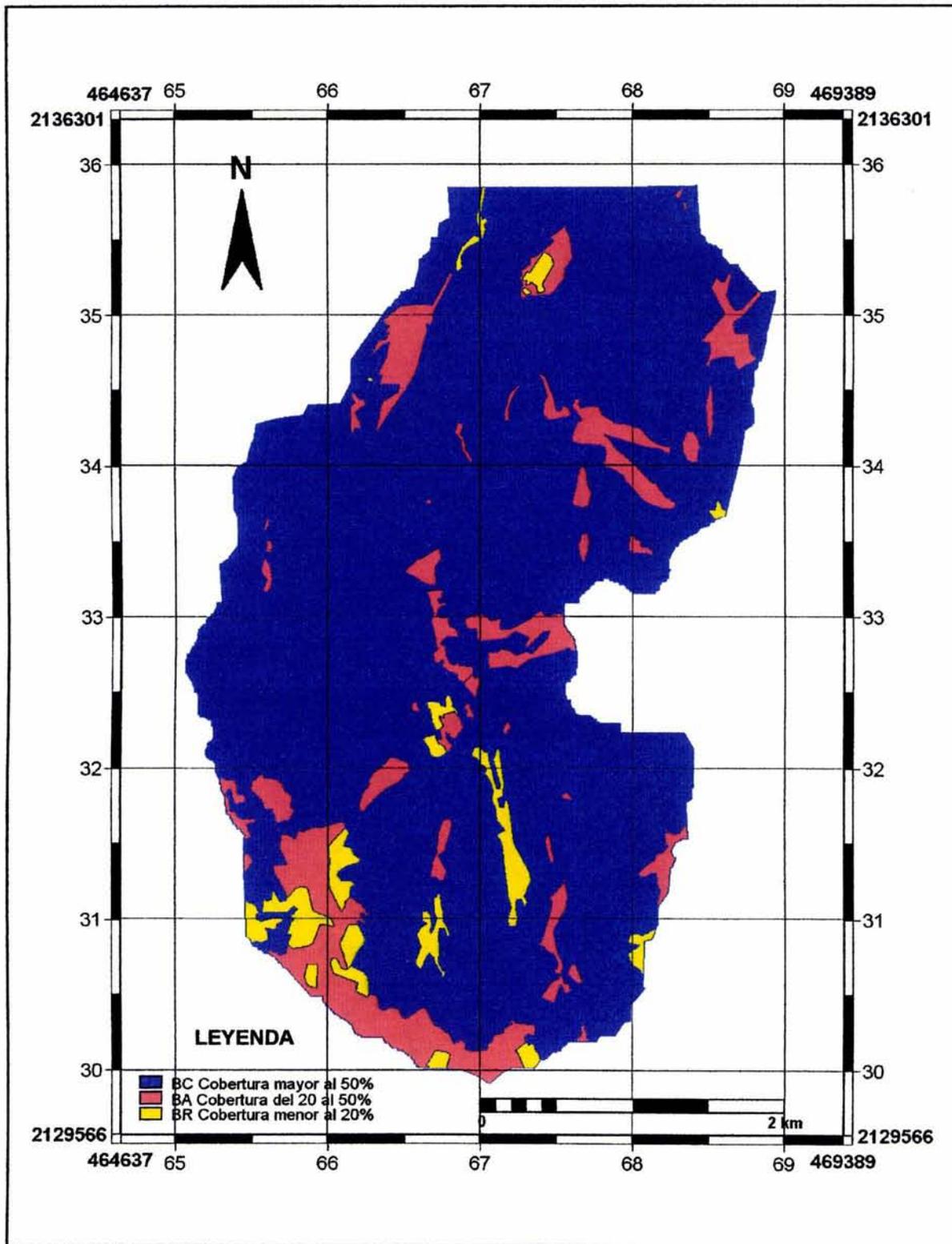


Figura 7.1.1 Mapa de cobertura forestal de 1966 donde se observa que el Bosque cerrado (BC) es el dominante.

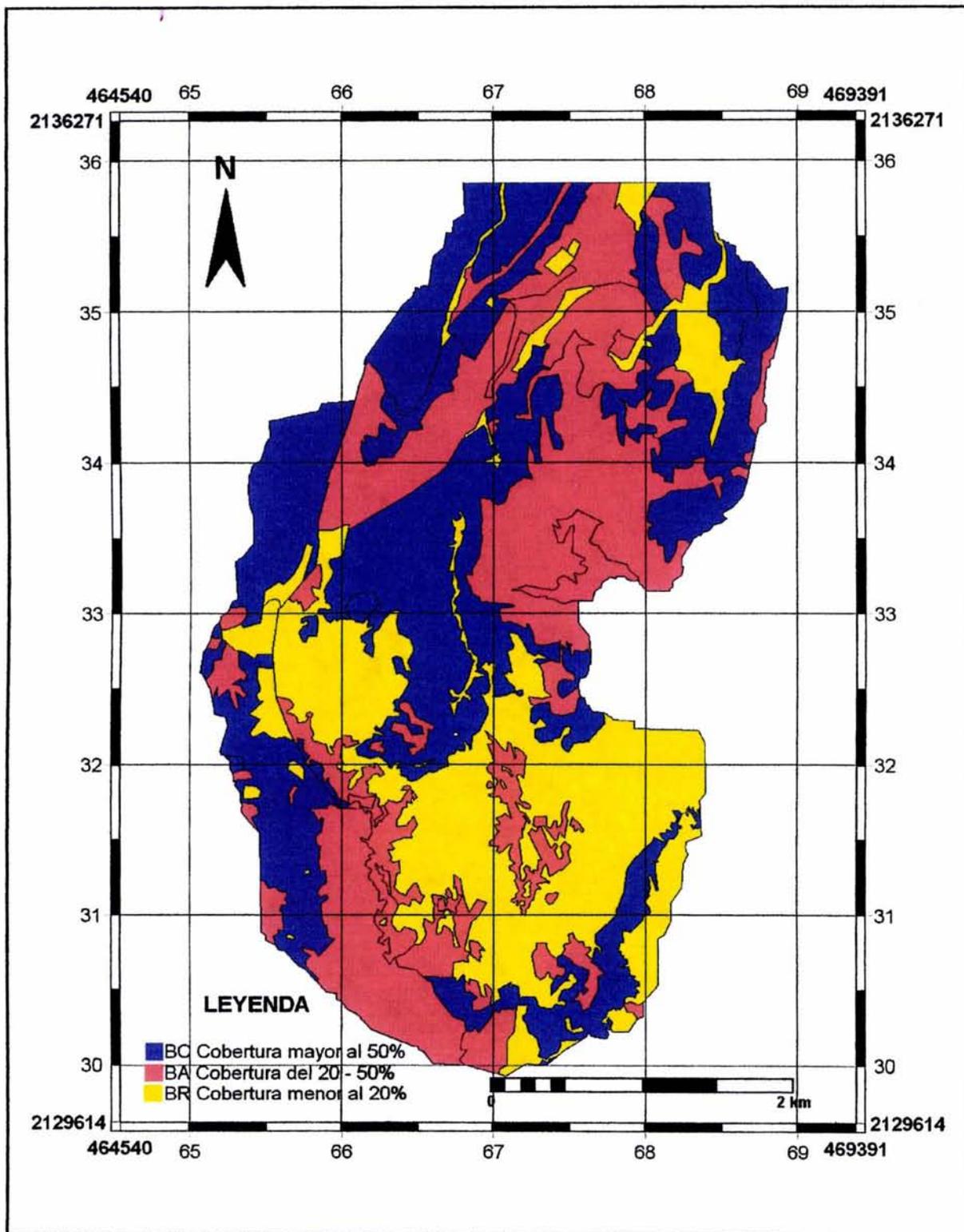


Figura 7.1.3 Mapa de cobertura forestal de 1999, donde se observa que las categorías Bosque cerrado (BC), Bosque abierto (BA) y Bosque ralo (BR) alcanzan proporciones semejantes.

Para una mejor comparación visual de los cambios ocurridos durante el periodo de estudio (1966-1983 y 1983-1999), se presenta la figura 7.1.4, en donde se observa que durante el periodo 66 – 83 la zona Este del parque es la que presenta un cambio significativo; pasó de bosque cerrado en 1966 a bosque abierto en 1983. Se observa además que la zona Sur (la parte donde el rango altitudinal es más alto dentro del parque) desde 1966 mostraba áreas clasificadas como bosque ralo (muy abierto) y para 1983 se incrementaron.

En el periodo 83 – 99 el bosque sufre daños muy severos. Existe mayor cantidad de bosque abierto en zonas que en 1983 presentaban bosque cerrado. Este patrón se observa en casi todo el parque. Las zonas que presentan un cambio radical de bosque cerrado (1983) a bosque muy abierto (1999) son la zona Noreste y la zona Centro-Este. Las zonas más conservadas o con mayor espesura son: la parte central del parque, la zona Noroeste y una pequeña parte en la zona Noreste.

La figura 7.1.5 resume esta información de manera gráfica. Se observan los cambios porcentuales que ha sufrido el bosque a través del tiempo. El cambio observado de 1966 al año 1999 es notable, ya que había un 84% de bosque bien conservado (bosque cerrado) del área total del parque (1,529 ha) y para 1999 se reduce a un 39%. En estas gráficas se advierte claramente el cambio que ha tenido la zona a través del tiempo, se puede hablar de un cambio gradual durante el primer periodo (1966-1983), pero en el segundo periodo los cambios son exponenciales en lo que concierne a las tres categorías analizadas. Los resultados indican que más de un 50% de la cobertura del bosque ha sido alterado durante estos 33 años.

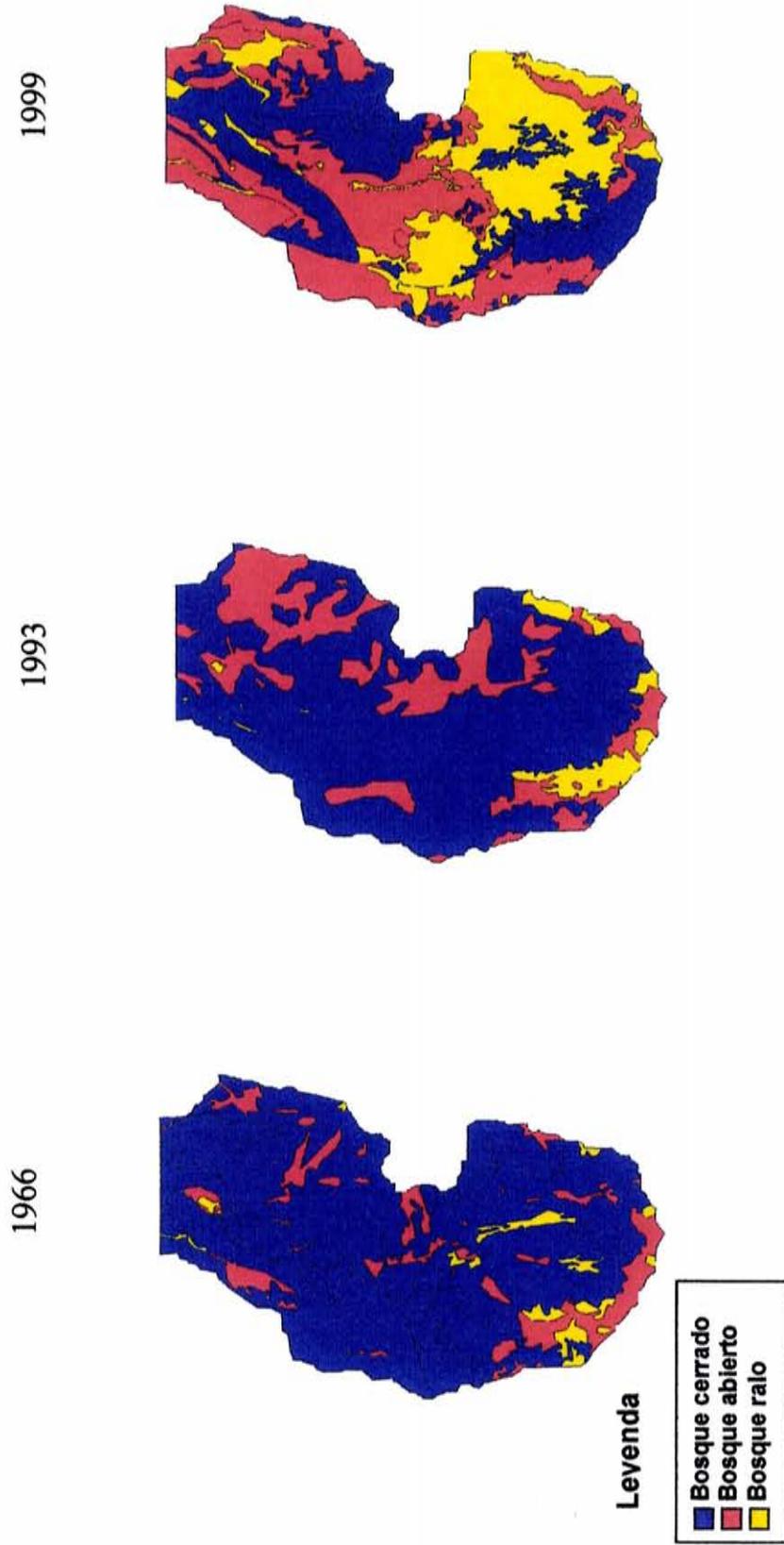


Figura 7.1.4 Comparación de las áreas de cobertura entre 1966, 1983 y 1999, donde se observan las categorías bosque cerrado (cobertura mayor al 50%), el bosque abierto (cobertura del 20 al 50%) y el bosque ralo (cobertura menor al 20%).

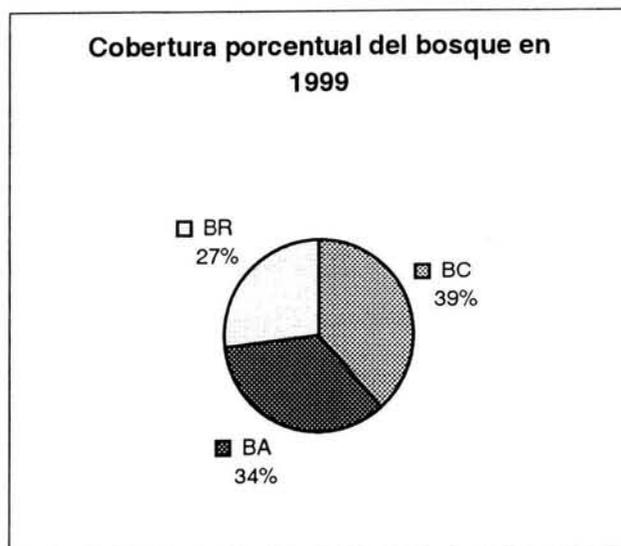
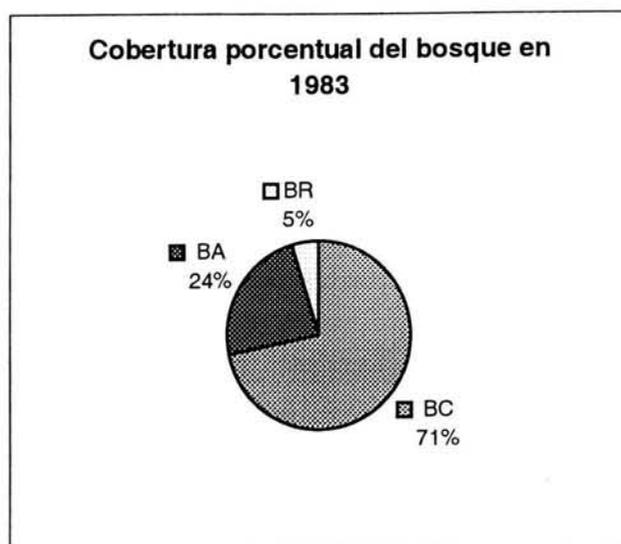
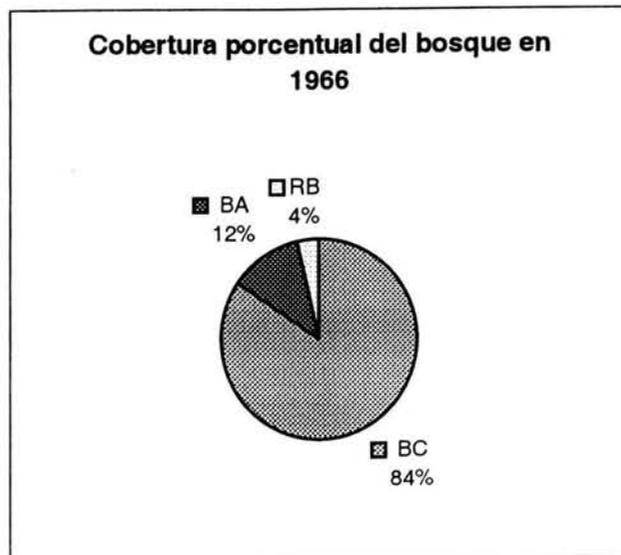


Figura 7.1.5 Gráficas que representan el valor porcentual de cobertura del bosque en sus diferentes categorías: BC (Bosque cerrado); BA (Bosque abierto); BR (Bosque ralo o muy abierto); durante los años analizados.

Las tasas de deforestación representan la expresión porcentual del bosque perdido por año. Los datos utilizados para este cálculo (de acuerdo a la fórmula propuesta por Dirzo y García, 1992) fueron los datos de superficie del bosque en las diferentes fechas analizadas para conocer las áreas de los períodos inicial y final de acuerdo a la fórmula de Dirzo y García (1992). Así las tasas se estimaron en un 0.07% para el intervalo 1966 – 1983 y en 1.66% para 1983 –1999 (Tabla 7.1.2). Estos resultados indican que la deforestación durante el primer periodo es menos intensa comparada con el segundo, de lo cual se podría explicar porque en este periodo ocurrió un gran incendio forestal en 1998 y se perdió una superficie extensa de bosque.

Tabla 7.1.2 Resultados de los cálculos de las tasas de deforestación entre los años 1966-1983 y 1983-1999.

Año	Área de bosque estimada (ha)	Área perdida (ha)	Área perdida por año (ha)	Porcentaje perdido	Tasa anual de deforestación
1966	1,449.84	16.54	1.03	1.14%	0.07%
1983	1,433.34				
1999	1,097.40	335.94	20.99	26.48%	1.66%

7.2 Análisis de los datos de campo

El mapa 7.2.1 muestra la ubicación de los sitios de levantamiento dentro de la zona de estudio.

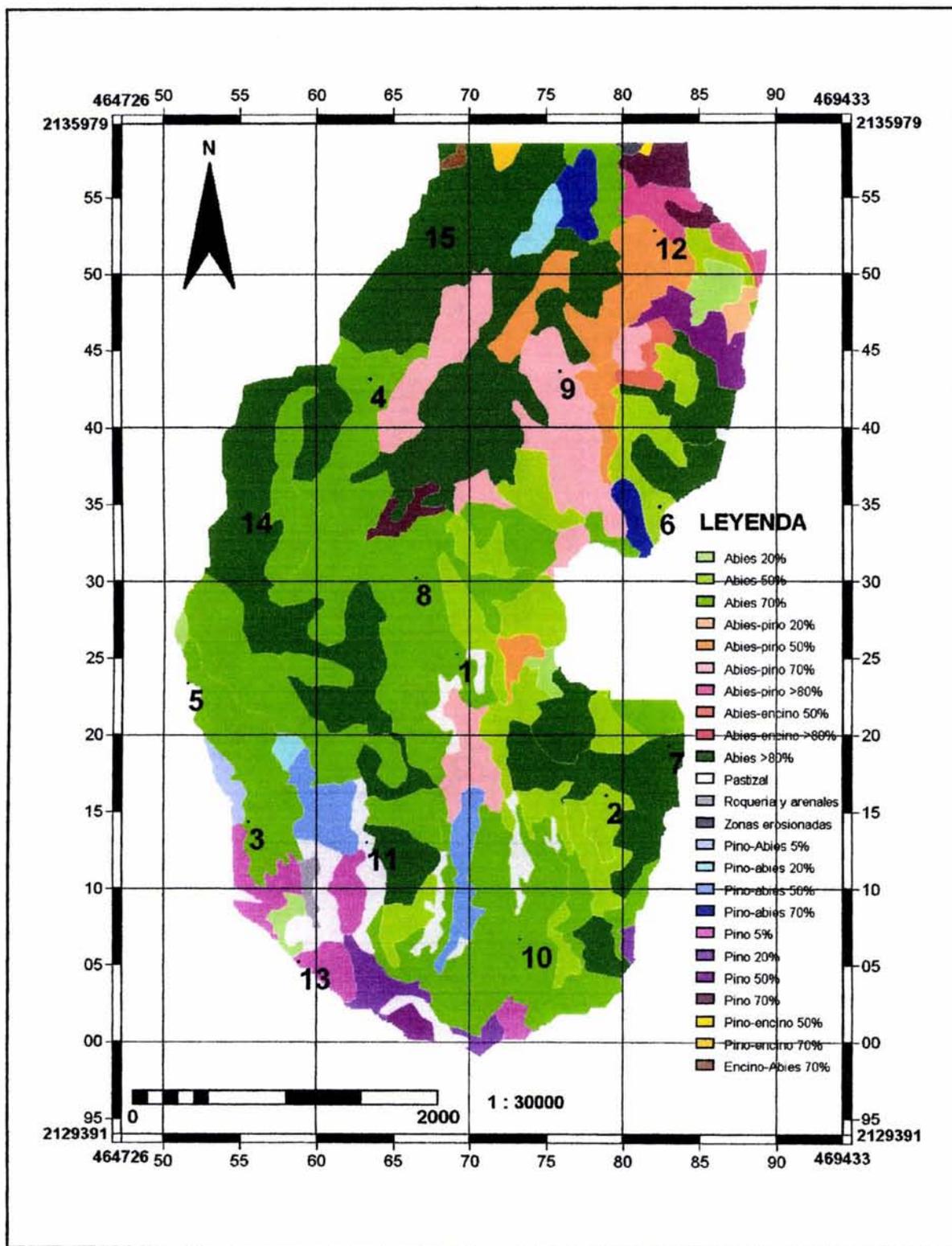


Figura 7.2.1 Mapa de vegetación del Desierto de los Leones, SARH 1983 y sitios de muestreo 2002.

Los tipos de vegetación encontrados en los diferentes sitios de muestreo se observan en la siguiente tabla (7.2.1) la cual muestra también los tipos de vegetación descritos para 1983.

Tabla 7.2.1 Comparación de la vegetación descrita en 1983 por la SARH y la vegetación encontrada en los sitios de muestreo 2002 en el Desierto de los Leones.

Núm. de Muestreo	Coordenadas (UTM)	Altitud (m snm)	Tipo de vegetación 1983	Tipo de vegetación y cobertura (%), 2002
1	466 921; 2 132 525	3219	Abies	Abies >5%
2	467 891; 2 131 605	3462	Abies	Bosque muerto
3	465 555; 2 131 435	3487	Pino-Abies	Abies 40%
4	466 352; 2 134 316	3126	Abies	Mixto 90%
5	465 161; 2 132 338	3261	fuera del polígono	Abies 40%
6	468241; 2 133 487	3432	Abies	Bosque muerto
7	468 300; 2 131 933	3476	Abies	Bosque muerto
8	466 651; 2 133 023	3152	Abies	Abies-Encino 50%
9	467 590; 2 134 367	3085	Abies- Pino	Pino (<i>P. patula</i>) 80%
10	467 329; 2 130 669	3700	Abies	Abies 60%
11	466 327; 2 131 300	3669	Pastizal	Pino (<i>P. hartwegii</i>) 15%
12	468 211; 2 135 281	2669	Abies-Pino	Encino 80%
13	465 884; 2 130 524	3677	Pino	Pino (<i>P. hartwegii</i>) 20%
15	466 700; 2 135 350	2279	Encino-Abies	Encino 80%

La tabla permite observar los patrones de distribución de la vegetación de acuerdo a las diferencias de altitud dentro del área, corroborar los tipos de vegetación descritos en la literatura, los descritos por SARH 1983 junto con el trabajo de campo. El bosque de *Abies* está representado en los sitios de muestreo 1, 3, 5, 10 y el sitio 8 (Abies-Encino); el bosque de *Pinus hartwegii* corresponde a los sitios 11 y 13. El análisis de esta tabla permite ver los cambios en la vegetación de los sitios de muestreo, los más radicales se encuentran en los cuadros demuestreo 2, 6 y 7 donde el bosque se encuentra muerto (todos los individuos se encuentran muertos en pie, derribados o en tocón) y que según el mapa de vegetación de SARH (1983) la vegetación estaba representada por el bosque de *Abies*. También con los datos de la última columna de esta tabla y con la ayuda del SIG, se puede hacer una comparación general del tipo de cobertura de los sitios de muestreo y la cobertura obtenida en la fecha más remota que corresponde al análisis de 1966 (figura 7.2.2). De estos se deduce que los sitios que indican mayor índice de deterioro respecto al cambio de cobertura son obviamente los sitios 2, 6 y 7; otro de los sitios más alterado es el 11, donde la cobertura pasó de ser “Bosque cerrado” a “bosque ralo (muy abierto)”. Los sitios 1, 3 y 5 muestran cierto deterioro, ya que en 1966 presentaban una categoría con mayor porcentaje de cobertura que en el 2002. El resto de los sitios conservaron su cobertura respecto a la clasificación utilizada.

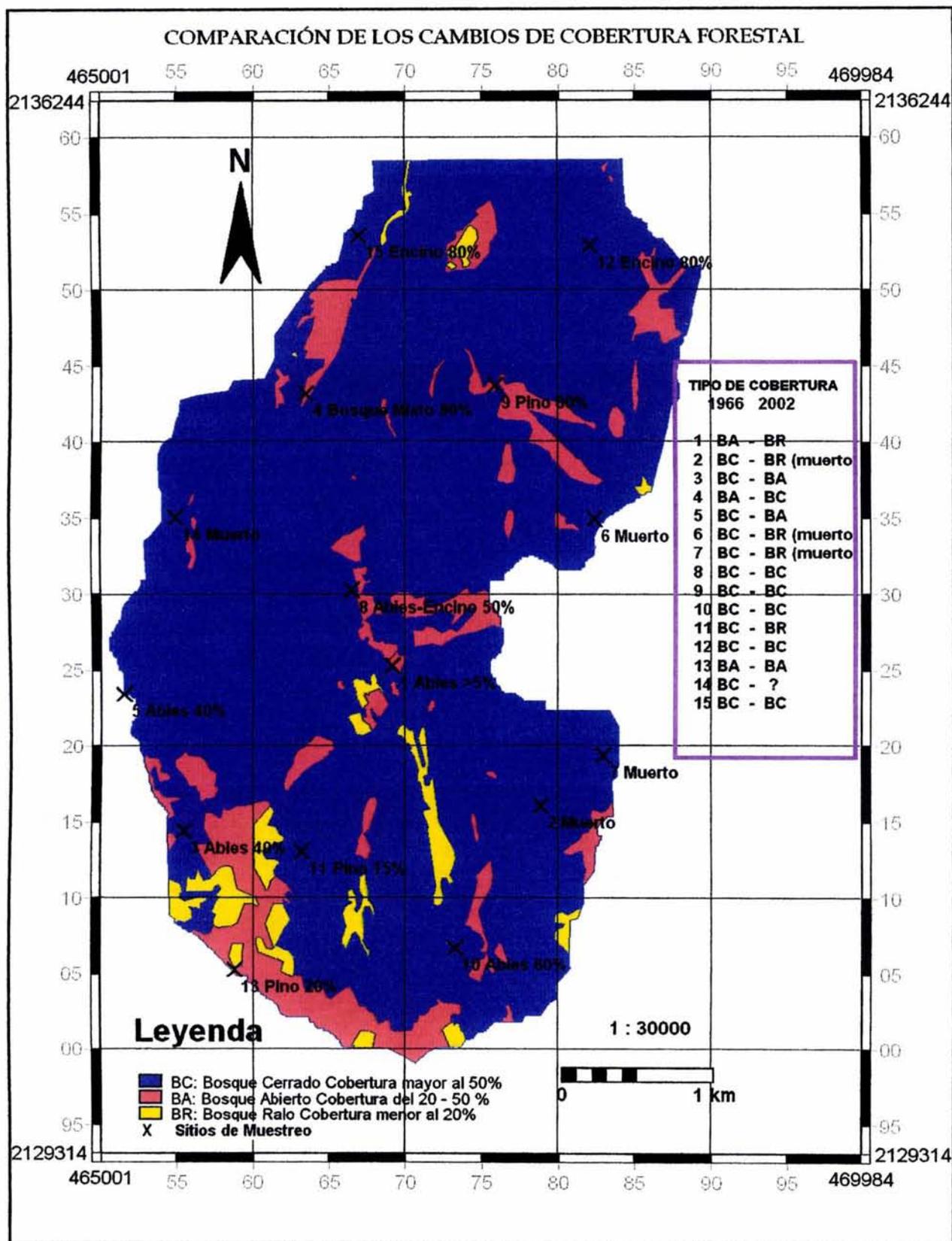


Figura 7.2.2 Cambios de cobertura 1966 – 2002 en los sitios de muestreo dentro del Parque Nacional Desierto de los Leones, D. F.

Matriz de interacción

La tabla 7.2.2 muestra la matriz de interacción con los datos sintetizados de los resultados de campo, la tabla señala en “negritas” los porcentajes máximos de cada uno de los “niveles de daño”. La última fila de esta tabla denota las sumas de los porcentajes de cada categoría (daño) señaladas, o en su caso el promedio de cobertura afectado por el grado de descortezamiento, presencia de ámpulas, decoloración o moteado.

Tomando en cuenta las sumas de los porcentajes de afectación a nivel de daño, se observa que los valores más altos corresponden a plagas y enfermedades (árboles descortezados) 16.5%, deforestación (árboles muertos en pie) 14.5% y en tercer lugar incendio (alto) 12.0%

La suma de los porcentajes totales de deforestación (muerto en pie, derribado, tocón) es igual al 31%, siendo la mayoría árboles muertos en pie (14.5%). Los levantamientos 2, 6, 7 y 14 son los que presentan el porcentaje más alto de deforestación y los cuatro han sido determinados como bosque muerto en el mapa de la figura 7.2.2.

El 31% de árboles muestreados se consideró como plagado o enfermo por presentar algún síntoma relacionado a plaga o enfermedad; el síntoma predominante es el de descortezamiento (con un 32% de cobertura descortezada por individuo), los sitios de muestreo 2, 6 y 7 presentan el mayor porcentaje de descortezamiento y son árboles muertos, a excepción del número 10 (con un 2.1% de árboles descortezados). Dicho sitio es un bosque de *Abies* con 59% de cobertura descortezada por individuo; este mismo sitio presenta los índices más altos de ámpulas (1.9%) con 6.3% de cobertura con ámpulas por individuo.

La más alta presencia de decoloración o moteado lo presentó el bosque de *Pinus hartwegii* en el sitio de muestreo número 13 con un porcentaje de 3.2 y alcanza 18.3% de moteado o decoloración café por cada individuo. Este sitio fue el único donde se encontró muérdago que representa solo un 0.48% respecto a la presencia de éste en el total de los árboles muestreados y donde los árboles estaban cubiertos un 27% por esta planta parásita.

Los indicios de incendios evaluados abarcan un 24.1% de la totalidad del área muestreada, los de mayor incidencia son los encontrados en el levantamiento número 6 que corresponde

también al de mayor afectación respecto a la deforestación, con 3.7% de incendio alto. Otro sitio con alto grado de incendio es el 2, reportado como muerto en su totalidad, con 2.4% de incendio alto, 1.12% incendio medio y 1.2% bajo, es decir que en el sitio se presentaron árboles que estaban quemados en su totalidad, otros que tenían quemaduras profundas en corteza y otros que solo muestran indicios de incendio que no afectan a los árboles. El sitio con mayor porcentaje de incendio medio es el 11, que presenta bosque de *Pinus hartwegii* y el de “incendio bajo” mas alto (3.53%) es el muestreo 13 que representa también al bosque de *Pinus hartwegii*.

La mayoría de los indicadores registrados bajo la clasificación de otros impactos es la presencia de basura, caminos de terracería y brechas. Los sitios más afectados son el número 7 que es un bosque muerto y el muestreo 1 que representa a un bosque de *Abies* con cobertura menor al 5%.

Es interesante ver que los sitios más conservados o con menos índice de deterioro son los sitios donde se encuentran los bosques mixtos o de encinos, con excepción del sitio 5 que presenta un bosque de *Abies religiosa* con cobertura del 40%.

Mapa de deterioro ambiental actual El análisis los datos de campo indicados en la tabla 7.2.2 permitió distinguir varios tipos de deterioro en los bosques del Desierto, que se representan en el mapa de la figura 7.2.4 donde también se indica el tipo de bosque según el análisis de campo 2002.

En este análisis el sitio de levantamiento 1 se describe como el más perturbado por la categoría de otros impactos, donde se encontraron indicios de pastoreo, basura, ocoteo y caminos abiertos (terracería y brechas) y se observa también compactación del suelo. La vegetación que para este sitio se describe es de un bosque de *Abies religiosa* con cobertura menor al 5% lo cual demuestra el grado de afectación que tiene este lugar.

Los sitios con arbolado muerto en su totalidad (sitios 2, 6 y 7) muestran incendios altos y descortezamiento que obviamente se describen como las zonas con mayor índice de deforestación de la zona. El levantamiento 7 es donde se encontró el mayor porcentaje de basura.

La zona sur y suroeste (sitios 3, 5, 10 y 13) presenta ámpulas (1.4% en promedio) y moteado (1.7% en promedio) en las hojas y troncos de las dos comunidades dominantes en el

parque; el sitio 10 presentó individuos con un promedio de 0.8% de descortezamiento. En esta misma zona el sitio 11, que representa una comunidad de *Pinus hartwegii* reporta incendios de tipo alto, medio y bajo.

El sitio 9 está cerca de la carretera y el exconvento, es una zona reforestada con *Pinus patula* bien conservada, aunque presenta casi el 10% de sus individuos con decoloración y moteado de las hojas, lo que presume la presencia de plaga o enfermedad.

Los sitios mejor conservados se observan en las comunidades mixtas o de bosque de encino, representadas por los levantamientos 4, 8, 12 y 15.

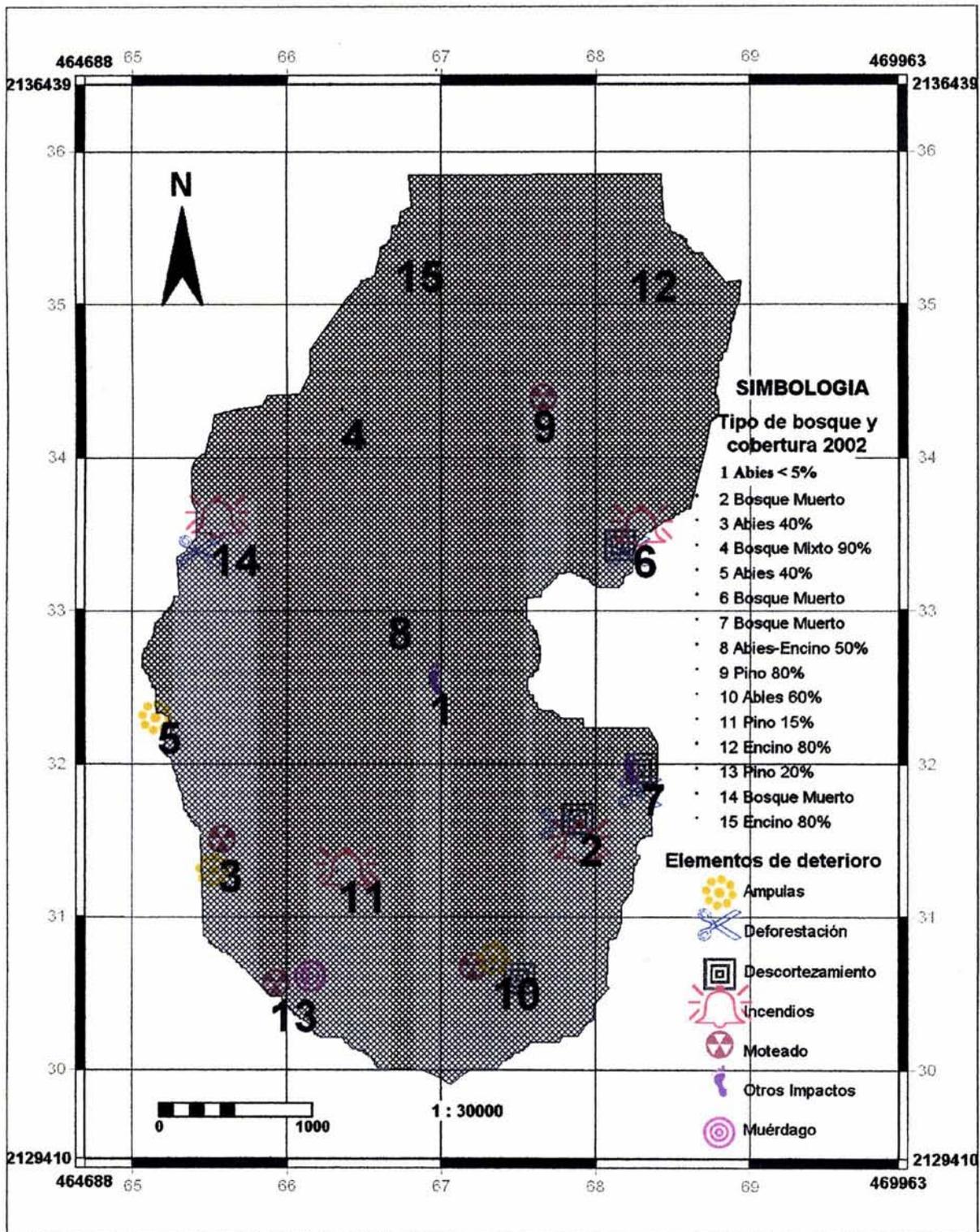


Figura 7.2.4 Elementos de deterioro ambiental encontrados durante los muestreos en el Desierto de los Leones 2002, indicando el tipo de bosque y porcentaje de cobertura de los sitios.

7.3 Deterioro reportado en el análisis de referencias bibliográficas

Elementos de deforestación Se describen ocho registros que mencionan específicamente la existencia de deterioro a causa de la deforestación, que van desde 1913 a 1987 (Tabla 7.3.1)

Tabla 7.3.1 Deforestación dentro del Desierto de los Leones en referencias bibliográficas. Se mencionan la M = Magnitud (área afectada) e I = Importancia (grado de afectación o significancia del impacto) Además se puntualizan los datos más sobresalientes.

# Reg.	AÑO	DAÑO	TIPO DE BOSQUE	M	I
1	1913-1983	28.32% volumen perdido	General	9	10
14	1981-1987	87ha arbolado muerto	General	1	10
27	1982	Muerte	<i>Abies religiosa</i>	1	10
3	1983	13% volumen muerto en pie	General	3	10
7	1983	derribado 0.2%	General	1	10
16a	1985	10-30% muerto en pie, 62.5ha total	Dominante y Codominante	1	10
16b	1985	30-90% muerto en pie 300ha	Dominante y Codominante	6	10
16c	1985	Mas del 90% muerto 60ha "cementeros de árboles"	Dominante y Codominante	1	10

Los ocho registros se catalogaron con una Importancia (grado de afectación del impacto) de 10, que como ya se indicó es el valor más alto en la escala de clasificación (descrita para este estudio), debido a que los registros reportan en estos casos la pérdida total del arbolado. La magnitud propuesta varía debido a las diferentes áreas y volúmenes afectados. Los años en los que se hicieron estas evaluaciones se encuentran dentro de la década de los ochenta.

Lo anterior señala un alto nivel de deterioro dentro del parque debido de la deforestación; aunque no se indican las causas, los datos se refieren a una pérdida total del bosque, que en estos documentos se reporta como bosque en general, dominante (*Abies religiosa*) y codominante (*Pinus hartwegii*). Los registros 1 y 16 son los que reportan con claridad el deterioro del bosque a causa de la deforestación en las evaluaciones hechas por COCODER en 1987 y el estudio integral realizado por Paz en 1989 [anexo I].

Plagas y enfermedades Se reportan más de 20 casos de daño por plagas y enfermedades (tabla 7.3.2). Los principales daños se describen como deterioro, daño en ramas y tallos, debilitamiento, descortezamiento, declinación y muerte. Las causas son varias: insectos, plantas parásitas y hongos, que de acuerdo a los reportes [anexo I] han afectado al bosque en su totalidad, es decir, los daños se encuentran afectando a *Abies religiosa*, en diferentes estadios y *Pinus hartwegii*, desde las partes más bajas altitudinalmente hasta las más altas. También en esta tabla (7.3.2) se incluyen registros que por las características de los daños, se catalogan como plagas y enfermedades aunque las causas no sean específicas. En total son 27 reportes que se incluyen entre los años 1922 a 1992.

Dentro de los eventos más significativos se encuentra el registro número 35, que se señala con una magnitud de 10, ya que se indica en el reporte que el área dañada se incrementó 30% más en el período de 1985-1987 debido a las condiciones cambiantes dentro del parque y la presencia de escarabajos, principalmente. El registro número 26 reporta muerte masiva causada por compuestos fitotóxicos, el registro 32 se indica con magnitud e intensidad de 5 debido al follaje moteado por los altos niveles de ozono. La importancia es alta puesto que el daño que se alcanza es la muerte a causa de insectos barrenadores o descortezadores como *Scoytus mundos*, *Pseudohylesinus variegatus* (ejemplo registro 42), *Dendroctonus mexicanus* (registro 37) y algunos hongos. Los registros 19 y 22 se clasificaron con una importancia de 9 y 8 por que mencionan que existe defoliación y muerte en el oyamel y sus plántulas. En general los resultados de magnitud e importancia revelan una alteración en el bosque debido a las plagas y enfermedades, en la tabla se incluyen el promedio de magnitud e importancia por cada apartado de clasificación, de los cuales el más alto corresponde a los insectos con una magnitud de 5.2 e importancia de 7.

Tabla 7.3.2 Síntesis y análisis de la magnitud (M) e importancia (I) de información bibliográfica sobre impactos causados por plagas y enfermedades en el Desierto de los Leones, D.F.

# Reg	AÑO	CAUSA	DAÑO	TIPO DE BOSQUE	M	I
19	1957		Defoliación	<i>Abies religiosa</i>	5	5
12	1981		Defoliación y muerte (disminución de vigor)	General	2	5
28	1983	<i>Scoytus mundos</i> , barrenador, <i>Scoytus ventralis</i> .	Muerte y declinación,	General	5	10
31	1983	<i>Pseudohylesinus variegatus</i> .	Relacionado con sequía muerte a grupos aislados	General	5	10
35	1987	Condiciones cambiantes dentro del parque y escarabajos atacando <i>Pseudohylesinus variegatus</i>	Incremento en el área dañada 30% mas desde 1985	General	10	5
42	1987		arboles debilitados ataque exitoso, copas casi muertas color café oscuro, copa transparente	<i>Abies religiosa</i>	5	8
39	1988	Insectos Chupadores <i>Cinara</i> , Insectos defoliadores <i>Choristoneora</i> etc.,	Deterioro	General	5	5
36	1988	Descortezadores	Descortezamiento	General y bosque que circunda al parque	5	5
37	1988	Descortezador <i>Dendroctonus mexicanus</i> ,	Descortezamiento	Pino altitudes mas bajas	5	5
43	1988	Por diversas causas (contaminación) descortezador <i>Pseudohylesinus variegatus</i>	Debilitamiento gradual y ataque exitoso	<i>Abies religiosa</i>	5	8
8	1983	0.1% Planta parasita	0.1% Arboles con planta parasita	<i>Abies religiosa</i> y <i>Pinus hartwegii</i>	1	1
41	1988	<i>Arceuthobium abietis religiosae</i>	Planta parasita escasa	<i>Abies</i>	5	4
40	1988	Muerdago enano <i>Arceuthobium vaginatum</i>	Planta parasita	<i>Pinus hartwegii</i> ,	5	5
18	1922	Polyporos.	Daño troncos y pudrición	Bosque general	5	5
20	1962	Hongos <i>Ganadema</i> y <i>Fomes</i> .	Muerte	<i>Abies</i> plantulas,	5	10
21	1971	Hongos <i>Alternaria</i> y <i>Pullularia</i> ,	Seca y muerte follaje	Plantulas oyamel	5	7
23	1983	"Hongos	Deterioro	Oyamel,	5	5
33	1983	<i>Alternaria</i> y <i>Pestalotia</i> .	Daño en el sistema radicular	<i>Abies</i>	5	5
38	1988	Hongos radiculares, <i>Alternaria</i> , etc, y partes aereas <i>Fusarium</i> y <i>Amillariella</i> .	Partes radiculares y aereas	<i>Abies religiosa</i>	5	1
25	80's	Roya, y relación con captación inadecuada agua	Infección 2,3% arboles maduros atacando conos generalmente	<i>Pinus hartwegii</i> ,	1	5
24	80's	Muerdago enano, <i>Arceuthobium vaginatum</i> , hongos familia Hipodermatacea, roya <i>Cronartium</i> , descortezadores, <i>Dendroctonus adjunctus</i> ,	Conos ramas y tallos,	General	5	5
26	1980	Compuestos fitotoxicos, en atmosfera y rizosfera	Muerte masiva	General	5	10
44	1992	Agentes patogenos, bioticos y abioticos	Afectando las condiciones fitosanitarias	<i>Abies Religiosa</i> y <i>Pinus hartwegii</i> .	5	5
29	1982	Estrés	Estrés, en arboles vivos	General	5	5
4	1983		4.5 % plagado y/o enfermo	General	1	5
22	1983		Seca yemas y ramas, muerte	Arbolado joven oyamel,	5	9
34	1987		Reporte de arbolado muerto y en declinación, el deterioro es mas severo en las partes con mayor pendiente y arroyos, que dan cara directamente a la Ciudad de México	General	5	10

En negritas se resaltan los datos más sobresalientes
Los colores clasifican las distintas causas de los daños



Insectos
Plantas parásitas
Hongos
Causa no específica

Incendios Los datos para el análisis de incendios fueron tomados de documentos proporcionados por CORENA*, los registros llevan una numeración indicada en el ANEXO II. La tabla 7.3.3 incluye el daño (incendios y algunos datos de erosión y otros), la vegetación afectada y su superficie, además de las columnas de clasificación de los impactos, magnitud e importancia. En este caso los resultados más relevantes son los ocasionados por el incendio ocurrido en abril de 1998, el cual afectó 50.1% de la superficie del parque. Aunque en la tabla se han desglosado los diferentes efectos, vegetación y superficie afectada. Por la superficie afectada en esta fecha, es obvio que el total de los daños alcanzan la clasificación máxima de magnitud.

En esta tabla también se incluyen datos que corresponden a los cementerios de árboles ubicados dentro del parque como lo indica los registros 20, 23, 24 y 27, descritos como de alto nivel de magnitud ya que abarcan más del 25% del Desierto** y cuya importancia (significancia del impacto) es muy alta por corresponder a la muerte de los individuos.

Tabla 7.3.3 Incendios

*Parque Nacional Desierto de los Leones, CORENA, mayo 2002.

Incendio Forestal 6/04/98. Diagnóstico y Acciones de Atención, CORENA, abril 1998

** Que corresponden a los parajes: Cueva de Lobos, parte media de Cañada de San Miguel y las Coloxtitlas, Goteadero, Casamanero, Cementerio, parte alta de Barranca Texcaltitla y Barranca Cacaloac.

Tabla 7.3.3 Incluye el análisis de los daños ocasionados por incendios, erosión y cementerios de árboles dentro del Desierto de los Leones, D.F.

# Reg	Año	Daño	Vegetación	Sup. (ha)	M	I
1	1995	Incendio	Arbusto	1		
2	1995	Incendio	Pasto	2	1	1
3	1995	Incendio	Pasto	0.1		
4	1996	Incendio	Arbusto	4		
5	1996	Incendio	Pasto	2		
6	1996	Incendio	Arbusto y Pasto	1.5	1	1
7	1996	Incendio	Pasto	1		
8	1998	Incendio	Pasto	2		
9	1998	Incendio	Pasto	5		
10	1998	Incendio	Hojarasca	1.5		
11	1998	Incendio	Pasto y arbusto	1.5		
12	1998	Incendio	Pasto	1		
13	4/6/1998	Riesgo de erosión, pendientes 50%	Escasa cobertura herbácea y arbórea	19.1		
14	4/6/1998	Incendio de hasta una altura de 1m, en regeneración el daño es ligero en tallo y ramas bajas.	Pasto y regeneración, <i>Pinus patula</i>	176.84		
15	1998-	Erosión				
16	4/6/1998	Incendio	Pastizal y renuevo	21.28		
17	4/6/1998	Incendio bajo, daño al pastizal y arbolado joven.	Pastizal y <i>Pinus hartwegii</i>	35.65		
18	1998-	Madera tirada y árboles muertos en pie	General			
19	4/6/1998	Incendio alto, eliminación de toda la vegetación arbórea y materia orgánica, muerte de 80% de arbolado juvenil, daño corteza de arbolado maduro hasta altura de 10 m.	<i>Abies religiosa</i> 80% estado adulto	146.76		
20	1998-	Árbol muerto en pie 30%, gran cantidad de madera en el suelo, arbolado derribado por el viento de raíz, riesgos de erosión por pendientes mayores 30%	<i>Abies religiosa</i> 80% estado adulto		10	10
21	4/6/1998	Incendio medio, arbolado maduro únicamente sufrió daños en la corteza a alturas de hasta 2m. renuevo dañado en follaje.	Pastizal, arbustivo, bosque general.	113.92		
22	4/6/1998	Incendio estrato herbáceo y arbustivo, regeneración, daño en corteza Incendio medio en arbolado maduro.	Regeneración, bosque maduro	86.42		
23	1998-	20% de arbolado muerto en pie y gran cantidad de madera seca en suelo	Bosque general			
24	1998-	Declinación, madera seca arbolado muerto en pie o enfermo.	<i>Abies religiosa</i>			
25	4/6/1998	Incendio moderado, afectando pastos regeneración natural y reforestación de <i>Pinus patula</i> , y corteza de arbolado maduro	y <i>Abies religiosa</i>	74.7		
26	4/6/1998	Incendio bajo, bosque mejor conservado, fuego totalmente superficial.	<i>Abies religiosa</i> maduro de 80-90%, regeneración natural distribuida en toda el área.	121.44		
27	1988-	Árbol muerto en pie de hasta un 25% de arbolado maduro. Madera seca.	<i>Abies religiosa</i>			
28	4/6/1998	Incendio en pasto y corteza de arbolado maduro, algunos juveniles dañados a nivel de la copa, reforestación en una pequeña superficie sufrió pérdida total.	<i>Abies religiosa</i>	284.39		
29	2002	2 incendios registrados	Arbustos y reforestación	3.5	1	1

Otros impactos En la tabla 7.3.4 se analizan los datos que corresponden a causas de deterioro como contaminación, influencia humana, trabajos de ingeniería hidráulica y otras causas que han contribuido al deterioro en la zona. Se encontraron 32 registros de los cuales sobresale el registro número 64, que incluye a los cementerios de árboles dentro del parque vinculados a los sistemas de captación de agua y el registro 68, que indica la presencia de daño, incluso la muerte, a causa de contaminación atmosférica. Otro evento importante es el que se reportó en 1918 (registro número 51) el cual se refiere al abatimiento masivo de árboles; en la tabla se incluyen también los registros de los cuales no se especifica la causa del deterioro. Los valores de magnitud e importancia asignados en esta categoría indican que los daños mayores son los causados por trabajos de hidroingeniería, seguido de los daños causados por la contaminación atmosférica.

Tabla 7.3.4 Resultado de las referencias bibliográficas clasificadas como otros impactos, dond^e se especifican las causas de deterioro y el análisis en conjunto sobre magnitud (M) e impacto (I).

# Reg	AÑO	TIPO DE DANO	CAUSA	TIPO DE BOSQUE	M	I
52	1980	Se observó un bandeo transverso y moteado clorótico en hojas de mayor edad, y defoliación.	Contaminación atmosférica	Pinus hartwegii		
32	1983	Años niveles de ozono.	contaminación atmosférica	Foliaje moteado debido al cloro		
54	1986	Declinación	Contaminación atmosférica	Abies religiosa y Pinus Hartwegii (partes bajas y de cara a la sierra)		
53	1988	Debilitamiento de los bosques, utilizando líquenes como indicadores de contaminación.	Contaminación atmosférica	Pinus hartwegii	7	10
55	1989	Deterioro	Lluvia ácida (contaminación)	General		
66	1989	Cambio en la forma de la copa del árbol, daño en la parte externa, originando diferentes tipos de muerte. Daño en follaje en época de lluvias, muerte de la vegetación epífita (donde se ha encontrado plomo). Coloración café rojiza y algunas quemaduras en la base de las hojas.	Contaminación atmosférica, en época de lluvia aumenta el daño en un 100% (mazola de ozono y otros contaminantes)	General		
61	1993	Influencia negativa en el Parque	Crecimiento demográfico	General		
5	1983	3.1 % del vol. total. Ocoteado, rayado, calado para tejamanil	Intervención del Hombre, aprovechamiento	General		
66	1984	Deterioro	Afluencia de visitantes de 12000-25000 por semana.	General		
49	1987	Ocoteado, extracción de tierra, leña y piedra, aprovechamiento del agua.	Intervención del Hombre, aprovechamiento	General (pinos)	6	5
62b	1994	Pastoreo	Pastoreo	General		
67	2002	Riesgo de incendios y deterioro	Peregrinos transitando, con una afluencia aproximada de 127,400 paseantes y 13,980 "chalmers".	General		
56	1933	Abertura de Caminos. Se atraviesa completamente el monte del desierto de los Leones,	Carretera	General		
57	1994	Abertura de veredas y caminos	Infraestructura de caminos	General	7	5
58	1994	Abertura del bosque	Áreas recreativas	General		
63	1786-	Extracción de agua, causa de deterioro	Aprovechamiento de los manantiales del desierto, abastecimiento de la Ciudad de México.	General		
60	1988	Cementerios en las series Tianguillo, la Palma, La Carretera y Casamanero	Captaciones y tuberías, obras de estación de agua	General		
59	1988	Masas forestales pobremente desarrolladas y cementerios	Perdida de humedad por la fisiología de los terrenos, por extracciones de agua.	General	10	9
64	1899-1987	274 ha. De cementerios en el Desierto, donde en algunas porciones la mortandad llega al 100%	Estrecha relación con los sistemas de captación de agua, 150 l por segundo del Desierto y Santa Fe (1899).	General		
62	1994	Extracción de agua, causa de deterioro	Construcción hidráulica	General		
61	1918	Gran incendio 200,000 árboles.	Fenómeno natural	General		
6	1983	2,1% Descopado		General		
9	1983	volumen 0.01% punta seca		General		
11	1983	19% vol. dañado		Pinus hartwegii		
30, 10	1983	28% Abies dañado en el parque		Abies religiosa		
13	1983	24% del volumen total del parque afectado (181,318m ³)		Abies religiosa	10	6
65a	1983	Deterioro alto grado		General		
17	1985	725.12 ha dañadas en el bosque		General		
15	1987	51 % de la superficie total del parque (786ha) arbolado dañado		General		
17b	1987	873 ha aproximadamente 58% de la superficie del parque.		General		
13 b	1987	36% volumen afectado, (270,775 m ³)		Abies religiosa		

CAUSAS DE DETERIORO

Contaminación
 Influencia humana
 Infraestructura
 Hidroingeniería
 Fenómeno natural
 No específico

7.4 Análisis integral de resultados

En este apartado se integran los resultados de las tres etapas de evaluación del deterioro ambiental en el Desierto de los Leones: 1) cambio de cobertura y tasas de deforestación, 2) análisis de referencias y 3) trabajo de campo. En primer lugar se presenta un diagrama que muestra los efectos del deterioro a través del tiempo (Tabla 7.4.1), se observa que los bosques del Desierto han sufrido cambios y han sido influenciados de manera negativa por diferentes factores que lo han llevado a un estado de deterioro grave. La tabla señala que algunas causas del deterioro y explotación de los recursos naturales se han presentado en el área desde fechas muy tempranas (1786, 1922, 1933) como la extracción de agua, presencia de plagas y enfermedades y proyectos de infraestructura, algunas de estas causas no han cesado como es el caso de la extracción de agua y el ataque al arbolado por insectos.

En la tabla se señalan también los valores de magnitud e importancia asignados a los factores de impacto del análisis de referencias bibliográficas y de campo. Se puede cotejar que el daño en deforestación correspondiente al análisis de referencias (más del 25%) y el trabajo de campo (31%) son congruentes respecto al porcentaje de área perdida dentro del parque y que coinciden con los valores de magnitud e importancia los cuales alcanzan los valores más altos en ambas evaluaciones.

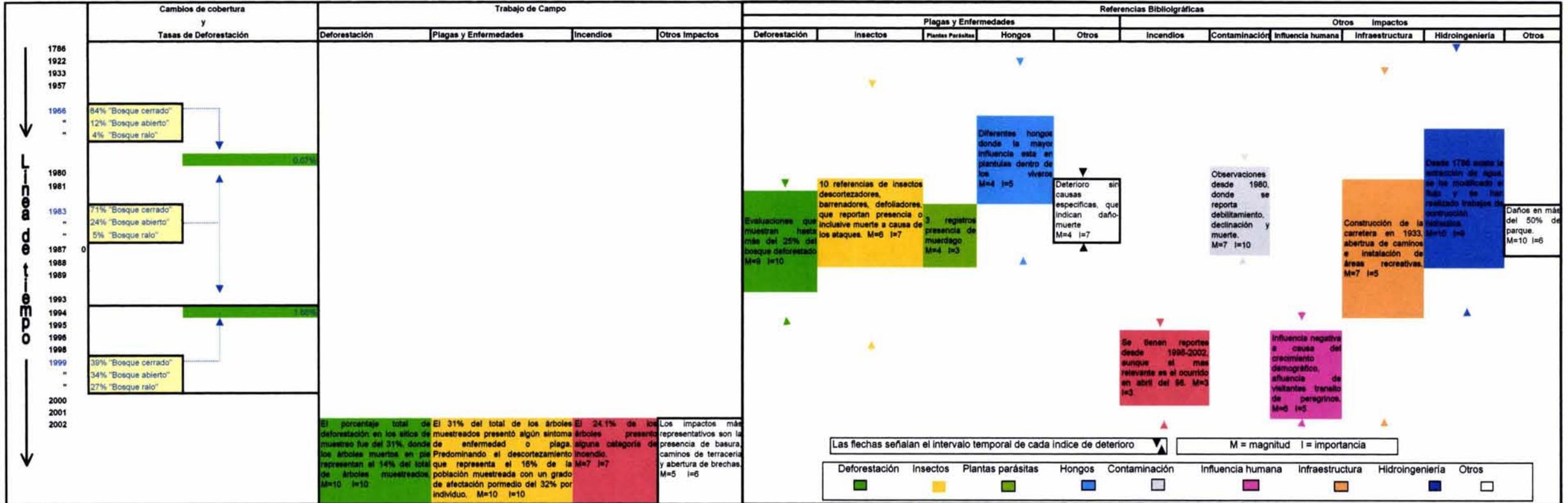
Los resultados del trabajo de campo sobre plagas y enfermedades (donde el 31% de los árboles muestreados presentó algún síntoma de enfermedad o plaga [que corresponde a una magnitud de 10 de acuerdo con la escala de valoración descrita en este trabajo]) muestran un deterioro mayor en el descortezamiento de los árboles (16% [de árboles afectados] = 5 de magnitud e importancia de 9 [ya que el grado de afectación es en promedio 32% de cobertura por individuo y tomando en cuenta que pueden llegar a causar la muerte de los individuos]). En una comparación con los datos bibliográficos se observa que la magnitud e importancia sobre la influencia de los insectos es de 6 y 7 respectivamente.

Los daños ocasionados por otros impactos representan diversas causas de deterioro como contaminación atmosférica, la presencia de cementerios de árboles (relacionados a los sitio de extracción de agua), construcción de la carretera, caminos de terracería y brechas, entre otros.

El análisis bibliográfico muestra significativamente muerte a causa de compuestos fitotóxicos con magnitud 7 e importancia de 10, de lo cual en el trabajo de campo solo se infiere que la presencia de moteado y decoloración en hojas de los árboles se debe al daño causado por contaminantes y según la escala de magnitud e importancia dando un valor a los porcentajes de presencia (10.1%) y grado (25.5%) de afectación del trabajo de campo corresponderían a 2 y 8 respectivamente, aunque en la evaluación general de los datos de campo los valores de magnitud e importancia para otros impactos corresponden a 5 y 6, donde los más representados son la presencia de basura y apertura de caminos de diferente tipo.

Se observa que los resultados de evaluación sobre magnitud e importancia de la matriz que corresponde a los resultados de campo y la evaluación bibliográfica no difieren significativamente unos de los otros, lo que apoya las conclusiones sobre causas y grado de deterioro a los que se llega en el presente estudio.

Tabla 7.4.1 Panorama general de las causas de deterioro a través del tiempo encontradas durante este estudio dentro en el Desierto de los Leones, D. F.



Finalmente se elaboró un mapa que muestra los resultados de manera integral de las diferentes evaluaciones sobre el deterioro (figura 7.4.1). Se incluyen en este mapa i) el área que representa la “bosque ralo” (bosque con menos del 20% de cobertura) calculado para 1999, el cual representa el área de deforestación en la actualidad, ii) los elementos de deterioro considerados en el trabajo de campo y iii) se añade la información sobre sitios principales de deterioro encontrados en la revisión bibliográfica (Anexo II) del diagnóstico sobre el incendio forestal de 1998 (CORENA, 1998).

Algunas de las observaciones que este mapa permite hacer son que la mayor parte del área de estudio presenta uno o varios síntomas de deterioro y hay zonas que se encuentran deterioradas en su totalidad, como la zona “R5”, que presenta árboles muertos en pie, de la cual se reportó en el incendio de abril del 1998 con arbolado joven quemado y en el cálculo de cobertura casi toda esta zona se clasificó como bosque ralo (bosque muy abierto con cobertura menor al 20%). Otro ejemplo es el de la zona “R9” (incendio superficial) y donde el sitio de levantamiento 6 indica además descortezamiento y deforestación. En el mapa se observa que la zona Noroeste del parque es la menos afectada por el deterioro.

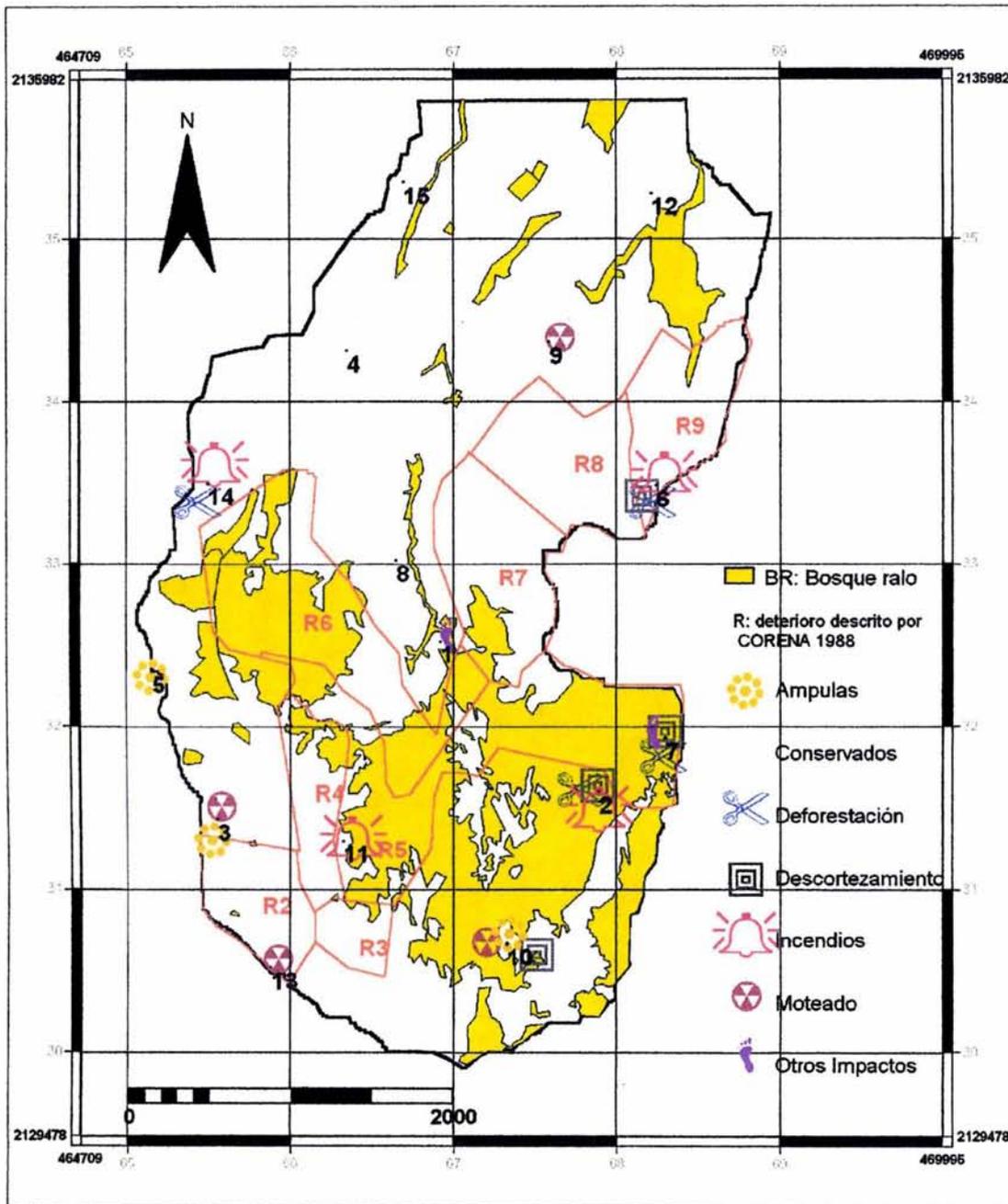


Figura 7.4.1 Mapa integral del deterioro actual del Desierto de los Leones, que incluye el área de bosque ralo (cobertura menor al 20%) en 1999, los elementos de deterioro encontrados en el trabajo de campo y zonas de deterioro descritas por CORENA (1998), donde R2: Incendio en pasto y regeneración; R3: Incendio en pastizal y árboles de renuevo; R4: Incendio en pastizal y arbolado joven; R5: 30% árboles muertos en pie, arbolado joven quemado; R6: Incendio en pastizal, arbustos y base de árboles; R7: 20% arbolado muerto en pie, incendio bajo; R8: Incendio bajo en pasto, hojas bajas de oyamel y corteza de arbolado maduro; R9: Incendio superficial en pasto y corteza de arbolado maduro.

8. DISCUSIÓN

Este documento presenta una reseña de los daños que ha sufrido el Desierto de los Leones, utilizando técnicas propuestas en las últimas décadas para la evaluación de los impactos ambientales. La técnica que requiere asignar valores de magnitud e importancia presentó dificultad para asignar los valores para cada registro y es por esto que en este estudio se presentan agrupados los valores por año (en el caso de los registros en la tabla 7.3.3) y por el tipo de causas de deterioro en la tabla 7.3.4 (que corresponde a los resultados de las referencias bibliográficas de otros impactos). Otro punto de discusión, en referencia al cálculo de tasas de deforestación con ayuda de los sistemas de información geográfica es que se genera un error (especialmente el cálculo y clasificación de diferentes áreas) al trazar los polígonos para la clasificación del bosque a causa del manejo de la técnica, el cual se minimiza aumentando la experiencia en la operación de dicha técnica.

Los síntomas de plagas y enfermedades, la presencia de incendios, arbolado muerto y otros índices de deterioro encontrados en el Desierto de los Leones durante el trabajo de campo, confirman que la zona presenta un alto nivel de deterioro; aunque CORENA (2003) menciona que en la actualidad no se identifican plagas dentro del parque, los resultados de campo indican que los árboles presentan síntomas como ámpulas, moteado y decoloración en algunos individuos muestreados. Además, dentro del recorrido preliminar de la zona de estudio se observó gran cantidad de muérdago en la parte alta del parque, que afecta a *Pinus hartwegii*. Se infiere que los cementerios de árboles se han extendido dentro del parque causa de las plagas y enfermedades. Los sitios de la zona sur y más alta del parque (sitios 10 y 13) presentan altos índices de decoloración/moteado y ámpulas; estos son sitios con presencia de árboles descortezados que indican la presencia de insectos descortezadores en árboles vivos. Aunque la presencia de plantas parásitas sólo se encontró en el sitio 13 su presencia fue muy visible. En el sitio 9 (zona de reforestación con *Pinus patula*) también se observó decoloración en hojas de árboles jóvenes. Esta información nos hace reflexionar en la importancia del efecto de insectos y plantas parásitas, así como los índices de perturbación a causa de la influencia de la contaminación hacia los bosques de esta zona, ya que ocasionan debilitamiento, reducción del crecimiento y de producción de semillas y hasta la muerte misma.

Aunque estos índices de deterioro por plagas y enfermedades son predominantes en las partes más altas, la perturbación por “otros impactos” está dada en los lugares de tránsito peatonal, siendo el sitio más afectado por otros impactos el que está cercano al vivero. La zona norte y más baja en el Desierto en los muestreos (8, 4, 15, 12) se observa como la menos deteriorada, además de que la vegetación que la representa es bosque mixto y bosque de encino.

El incendio del 6 de abril de 1998 se presume como otro de los factores importantes del aumento de la deforestación dentro del Parque aunque no el principal, ya que en el mapa integral de representación del deterioro actual de la zona, el área que fue afectada por los incendios no corresponde en su totalidad con el área clasificada como “bosque ralo” (muy abierto), indicando que la pérdida del bosque se debe también a otros factores que han causado su deterioro.

Es importante señalar que el realizar un estudio integral y detallado sobre deterioro de la zona, permite tener una visión más completa de los problemas ecológicos del bosque y al mismo tiempo aporta una idea del deterioro de los bosques que colindan con el Desierto de los Leones y tal vez aun con los que se encuentran dentro del Distrito Federal, además de aportar una cifra cuantitativa sobre las tasas de deforestación de la zona, lo cual no se tenía hasta la fecha. El presente estudio muestra la compleja interacción existente entre unos factores de deterioro por ejemplo la sequía tiende a hacer más vulnerables a los árboles al ataque de insectos.

La atención general sobre el deterioro en el Desierto de los Leones, que el gobierno y otros actores académicos y sociales han prestado al parque durante las dos últimas décadas han quedado en intentos de planificación, regularización y propuestas estratégicas de manejo, los cuales en su mayoría han quedado en teorías, planes sin aplicar o fracasados (SARH, 1994a). Aunque durante la observación hecha en campo se encontraron indicios de reforestación de *Abies* y *Pinus sp.* en diferentes zonas, como lo ejemplifica el muestreo número 9 (sitio reforestado con *Pinus patula*), no se pudo conseguir información específica sobre las zonas de reforestación dentro del Desierto de los Leones. También existen documentos sobre aprovechamiento, como, el Plan Maestro operación SOS Desierto, en el cual se describen las obras de dicho proyecto (que en general son de orden recreativo) y que como condicionante tiene el presentar anualmente un programa de manejo y que dentro de los objetivos se menciona la rehabilitación de campos y operación de caminos existentes (Fideicomiso Cuajimalpa, 1999). A su vez el INAH y PROFEPA, se han encargado de la vigilancia en materia de construcción y remodelación de caminos y proyectos hidráulicos dentro del parque (INE, 1999).

9.CONCLUSIÓN

Este trabajo presenta un panorama sobre el deterioro ambiental en una zona importante de la Cuenca de México. Los mapas de cobertura vegetal y los cálculos de tasas de deforestación reflejan la magnitud de pérdida del bosque en la zona en las últimas décadas. Se observa que los cambios más significativos durante el periodo (1966 a 1983) se encuentran en la zona Este del parque en su extensión de Sur a Norte, esta zona es la más cercana a la ciudad y durante este periodo su cobertura cambio de un bosque bien conservado a un bosque abierto; lo cual se corrobora con los porcentajes calculados para la categoría de bosque abierto que se incremento en un 12%.

Las variaciones durante el periodo de 1983 a 1999 son drásticos, casi en la totalidad del área del parque; se observan pocos espacios de bosque cerrado (con cobertura mayor al 50%), donde de la mitad del parque hacia el Sur, es una zona clasificada como bosque con cobertura menor al 20%; el resto del polígono del Desierto (la parte Norte) se divide casi proporcionalmente en bosque cerrado y bosque abierto. En conjunto se resalta el cambio de cobertura para el Bosque cerrado que se redujo un 32% en este periodo.

Los resultados del cálculo de las tasas de deforestación muestran el cambio porcentual de la pérdida del bosque por año, así se indica que de 1966 a 1983 el Desierto de los Leones perdió una cantidad de 0.07% (1.03ha por año) y entre 1983 y 1999 la pérdida fue de 1.66% (21 ha por año). La diferencia entre estos dos estadios de tiempo indican que en el segundo periodo los cambios fueron más drásticos debido entre otras causas al incendio de gran magnitud ocurrido en 1998. El deterioro es especialmente crítico, considerando que se ha perdido aproximadamente el 30% de "bosque cerrado" que presentaba la zona en 1966 y donde la tasa de deforestación promedio en los ultimos 33 años es de 0.86% que equivale a 11 ha/año aproximadamente. Esta estimación es preocupante si se considera que el área total calculada dentro del parque se consideró en 1504.2 ha.

El trabajo de campo permitió determinar los problemas de deterioro actual y comparar los cambios específicos que ha tenido el bosque en los sitios de muestreo y con los resultados obtenidos en el análisis de referencias bibliográficas. Las variaciones en los sitios muestreados señalan que el bosque de *Abies religiosa* en tres de los sitios aparece muerto en su totalidad y que

esta misma especie se encuentra menos representada en algunos sitios donde antes (1983) se presentaba como dominante, la cobertura del bosque en los sitios muestreados, en general presentan una cobertura menor comparada con la encontrada en 1966 para estos mismos sitios, el sitio número 11 es uno de los más alterados, donde se observa que hace 36 años era un bosque cerrado y en la actualidad se clasificó como bosque ralo (muy abierto).

La información obtenida del trabajo de campo revela que los factores que han causado mayores daños dentro del Desierto de los Leones son las plagas y enfermedades, infiriendo tal conclusión por la alta presencia de “árboles descortezados”. El segundo indicador son los “árboles muertos en pie” (considerados como parte de los resultados de deforestación). Cabe aclarar que los sitios con mayor grado de descortezamiento coinciden con los sitios con alto porcentaje de árboles muertos en pie.

En general, cada sitio muestreado presenta descortezamiento en diferente grado; los otros indicadores (presencia de ámpulas, decolorado/moteado y muérdago) tomados para conocer si los árboles se encontraban enfermos o plagados fueron encontrados dentro de los sitios de muestreo aunque en menor proporción. La parte sur del parque, de mayor altitud, es la que se ve más afectada de acuerdo a los parámetros de decoloración, moteado y presencia de ámpulas, los cuales afectan de igual manera a *Pinus hartwegii* y a *Abies religiosa*. En la parte norte se encontró una zona reforestada con *Pinus patula* afectada por decoloración amarilla de las hojas. El muérdago enano (planta parásita) se presentó sólo en uno de los muestreos (13) afectando el 23% de los individuos, con un grado de afectación del 51% el cual también se encuentra en la parte sur.

Un 24% de los árboles muestreados presentan índices de incendio en las diferentes escalas de clasificación (alto, medio y bajo); los sitios determinados como bosque muerto son los de mayor incidencia de incendios y son los que presentan mayor presencia de árboles descortezados.

En cuanto a indicadores de otros impactos, la presencia de basura se observó en casi en todos los sitios aunque no en gran cantidad, sólo el sitio 7 presentó un porcentaje de cobertura de basura del 20% y según la bibliografía este punto es sitio de tránsito para los peregrinos que vienen de Chalma. Otro sitio afectado por otros tipos de impacto es el 1, que se encuentra cerca del vivero, donde se observó la presencia de animales de granja, compactación de suelo, brechas y camino de terracería.

Las causas del deterioro han sido diversas, en particular el debilitamiento del bosque por plagas y enfermedades ocasionadas por insectos descortezadores, contaminación atmosférica y debilitamiento por falta de agua (a causa de la extracción de este recurso) como lo indican los resultados en la literatura consultada, en la cual se menciona que la deforestación dentro del Desierto de los Leones se encuentra en un rango entre el 0.2% al 28% en evaluaciones hechas entre 1983 y 1995. El análisis de cambio de cobertura realizado en este estudio coincide con el extremo superior de este intervalo, es decir el 28% de 1966-1999 aproximadamente.

Los resultados de la evaluación de plagas y enfermedades a lo largo de setenta años de estudio (1922-1992) muestran el deterioro específico causado por plagas y enfermedades dentro del Desierto de los Leones, entre los cuales el más relevante es el efecto de los insectos (descortezadores y defoliadores) que han causado un debilitamiento al bosque y en algunos casos la muerte. Es importante señalar que diversos autores señalan que el deterioro causado por los insectos está relacionado con otras circunstancias como son las condiciones de sequía (a causa de la extracción de agua) y efectos de contaminación.

El deterioro causado por plantas parásitas es mencionado en estudios anteriores, aunque la información más completa que se tiene acerca de éstas, es la de COCODER en 1983 (CORENA, 1987), donde se indica que el .01% del bosque estaba enfermo por esta causa. Los hongos han afectado a los viveros principalmente, existen registros que señalan el deterioro a causa de diferentes géneros pero la mayoría de los estudios no son específicos, sólo el de Resendiz (1989) calcula un porcentaje de infección del 2.3% por roya en *Pinus harwegii* relacionada con la mala captación de agua.

Los incendios ocurridos en el Desierto de los Leones desde 1995 al 2002 muestran un promedio de hectáreas perdidas por año de 15.7 (excluyendo el incendio de abril de 1998) que afectaron a pastos, arbustos, renuevo y reforestación. El incendio del 6 de abril de 1998 afectó aproximadamente 540 ha dentro del parque que incluyeron arbolado adulto, renuevo, reforestación, pastos y arbustos, aunque esta estimación aún no es confiable por que en los diferentes documentos se han dado distintas cifras de superficie de afectación. Sin embargo, haciendo un promedio de éstas e incluyéndolas para el análisis, tenemos que aproximadamente 82.84 ha/año han sido afectadas por incendios dentro del parque durante el periodo antes mencionado.

Se encontraron además en la literatura registros de influencia negativa en el parque por contaminación. Causas de deterioro como el crecimiento demográfico, ocoteo y en general aprovechamiento del recurso forestal a bajas escalas, pastoreo y el tránsito peatonal dentro del parque también se han registrado como causa de deterioro, al igual que la apertura de caminos. El deterioro causado por extracción del agua dentro del parque es muy importante ya que ha influido en el debilitamiento y el mal desarrollo del bosque, por lo que se le asignó un valor de magnitud de 10 y 9 de importancia.

Considerando los problemas de deterioro de una forma integral se observó, que las plagas y enfermedades, especialmente los insectos descortezadores, son una de las principales causas del deterioro en los bosques del Desierto de los Leones. El ejercicio sobre magnitud e importancia de los datos de campo y de la información bibliográfica realizadas en el presente estudio, confirman esta observación y al mismo tiempo permite concluir que la deforestación ha sido causada en gran manera por estos insectos. El mapa integral (fig. 7.4.1) muestra a su vez que las zonas clasificadas como bosque ralo (bosque muy abierto con cobertura menor al 20%) no coinciden en su totalidad con los sitios descritos para el incendio de abril de 1998 y además, los sitios 10, 2 y 7 muestran la influencia de insectos descortezadores y otros síntomas de deterioro a causa de estos insectos y otras enfermedades.

El nivel de deterioro que existe en este Parque Nacional afecta beneficios ambientales de gran importancia para la zona y el país, considerando que los parques nacionales tienen diversos atributos, que en el caso específico del Desierto de los Leones, se han ido perdiendo. Es difícil valorar estos servicios económicamente, pero lo que sí es seguro es que son indispensables para el funcionamiento adecuado de los ecosistemas naturales y por lo tanto de los organismos que dependen de ellos, incluido el ser humano.

El presente estudio permite concluir que el ecosistema del Desierto de los Leones ha sido alterado directa e indirectamente por la ocupación e influencia humana, se observa que la mayor afectación no es directa en el recurso forestal pero sí en el recurso agua lo que ocasiona un deterioro grave en la vegetación del parque. A esto se añaden los impactos ocasionados por la contaminación atmosférica e incendios forestales. El resultado conjunto de estos factores es un nivel de deterioro en el parque de más de la mitad de su área total en un periodo aproximado de 36 años.

Los estudios de deterioro consultados no hacen un análisis retrospectivo, es decir no consideran lo que ha sucedido en el área en el pasado, cuáles han sido los cambios que ha sufrido el uso de suelo y qué los ha ocasionado. El presente estudio demuestra que la revisión retrospectiva del sitio permite conocer y evaluar mejor su problemática actual.

La aplicación de levantamientos para el análisis y evaluación del deterioro ambiental es de suma importancia. Aunque el análisis de cambios de uso de suelo y de cobertura nos dan un panorama rápido y de fácil visualización, con los resultados de la evaluación en el trabajo de campo es posible conocer a detalle los problemas que presentan las zonas de estudio. La aplicación de matrices para el análisis permite visualizar los detalles del deterioro, además la aplicación de datos numéricos permite una mayor objetividad en este tipo de estudios.

De esta manera se pueden conocer cuáles han sido los principales factores de alteración de los recursos naturales (en este caso específico, el bosque) ya que se han dado las bases teóricas, puntuales y espaciales de los índices que causan el deterioro en la zona. El presente trabajo aporta información importante para estudios y programas posteriores de saneamiento, y administración.

La aplicación de un método integral de evaluación de deterioro en esta zona permite comprobar que es una forma que puede funcionar para la toma de decisiones más adecuada y a tiempo para restaurar o para la conservación del ambiente en cualquier ecosistema.

Alégrense los cielos y regocíjese la tierra, ruja el mar y cuanto contiene; gócese el campo y todo lo que en él hay. Entonces todos los árboles del bosque cantarán con gozo delante del Señor, porque El viene... Salmo 96: 11 y 12

11. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, M.E. y Ruiz, N. (1987) Estudio de la microflora de rizósfera de oyamel del Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones. Lab. Patología, INIF, reporte interno.
- Aguirre, H. y A. Bernal, (1988) Influencia del descortezador (*Pseudohylesinus variegatus*) (Blandford) en la muerte del Oyamel *Abies Religiosa* (H. B. K) Schl. et Cham. en el Parque Recreativo y Cultural "Desierto de los Leones", D. F. Tesis licenciatura. UACH, México.
- Andrade, V. (1981) Evaluación de efectos de muérdago enano (*Arcethobium globosum* Hawk. y Wiens, y *A. vaginatum* Willd) en rodales de *Pinus hartwegii* Lindl. Tesis licenciatura. UACH, México.
- Bojórquez, L. y Ortega. A. (1988) Las evaluaciones de impacto ambiental: Conceptos y metodologías. CIB de Baja California Sur, A. C. México.
- Canter, L.W. (1977) Environmental impact assessment. Mc. Graw-Hill, NY, USA.
- Carrillo. G. (1985) Algunas definiciones sobre terminos fotogramétricos y cartográficos. Boletín técnico 131: Nov 1985. SARH, México.
- Comisión Coordinadora para el Desarrollo Rural, COCODER (1987) El Saneamiento y la limpia forestal en el desierto de los leones. México, Sep. 1987.
- - - - - - (1993) Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones. Plan de Manejo. México.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, CONANP (2003) En internet: www.conanp.gob.mx, 2003.
- Comisión de Recursos Naturales, CORENA (1998) Incendio forestal sucedido en el Parque Nacional Desierto de los Leones el día 6 de abril de 1998. Diagnóstico y acciones de atención. México.
- - - - - - (2002) Parque Nacional Desierto de los Leones. México.
- - - - - - (2003) Programa de Manejo. Parque Nacional Desierto de los Leones. México.
- DeMers. M. N. (1999) Fundamentals of geographic information systems. Wiley, INC. New Mexico State University, USA.
- Dirzo, R. y García, M. C. (1992) Rates of Deforestation in los Tuxtlas, a neotropical area in Southeast Mexico. *Conservation Biology*. **6** (1): 84-90.
- Ducoing. E. (1987) Análisis de estudios de impacto ambiental. Tesis licenciatura. Fac. de Ciencias, UNAM.

- Fideicomiso Cuajimalpa (1997) Aprobación del plan maestro operación desierto. F/20937-9 (13 de marzo 1997).
- García. M. C. y Pérez. G. (2002) Una visión global del deterioro de los recursos bióticos terrestres en México. *Revista Geográfica*, **131**: 41-73.
- INE (1999). Acta de inspección del 26 de octubre 1999. PROFEPA.
- Jiménez. B.E. (2002) La contaminación ambiental en México. 15. Limusa, México.
- Landa, R., Meave, J. y Carabias J. (1997) Environmental deterioration in rural Mexico: an examination of the concept. *Ecological Applications*. **7** (1): 316-329.
- Leopold. L. B. (1971) A procedure for evaluating environmental impact. Geological Survey Circular 645, Washington, USA.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, LGEEPA (1997) Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. 10^a ed., Delma, México, 1999.
- Myers. N. (1984) The Primary Source: Tropical forest and future. W. W. Norton & Company. Inc. N. Y, USA.
- Masera, O., Ordóñez, M. y Dirzo, R. (1997) Carbon emissions from mexican forests current situation and long-terms scenarios. *Climatic Change* **35**: 265-295. 1997.
- Melo, C. (1979) Ensayo metodológico par la planificación del Parque Nacional Desierto de los Leones, D.F. Tesis de Maestría. FfyL, U.N.A.M.
- Mendoza. E. y Dirzo R. (1999) Deforestation in Lacandonia (Southeast Mexico): Evidence for the declaration of the northernmost tropical hot-spot. *Biodiversity and Conservation*. **8**: 1621-1641.
- Moncayo. R. F. (1970) Manual para uso de fotografía aérea en dasonomía. Dirección Gral. del Inventario Nacional Forestal. Publicación Especial 16: 121 p. México.
- Ordóñez, M. J. (2002) Evaluación de la transformación de los hábitats naturales de Oaxaca. Tesis doctoral (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM.
- Paz, D. (1989) Sistemas de calificación de riesgo para estimar la muerte de oyamel (*Abies religiosa*. Schl. Et Cham.) en el Parque Nacional Desierto de los Leones, D.F. Tesis de Licenciatura, U.A.CH, México.
- Quadri. G., García, A., Rangel H., Zambrano, R. (2002) Bosques y biodiversidad en riesgo: Vulnerabilidad en áreas estratégicas y nuevos instrumentos de conservación. CESPEDS / PRONATURA, México.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, SARH (1994 a) Plan de manejo Parque Nacional Desierto de los Leones. México.

- - - - - - (1994 b) Manuales e instructivos sobre plagas y enfermedades forestales. Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre.
- Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, SMADF (2002) Mapa de ordenamiento ecológico del suelo de conservación. Dirección general de ordenamiento ecológico. CORENA.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT (1995) Programa del Medio Ambiente 1995-2000, pp. 22 y 28.
- Sterling, O. (1991) Evaluación de impacto ambiental del proyecto de construcción de la presa y zona de riego Llano de Mixquiapan, Hgo. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Sosa, A. (1952) Parque Nacional Desierto de los Leones (Los parques nacionales de México) Secretaría de Agricultura y Ganadería. Dir. general forestal y de caza. México, D. F.
- Vargas, F. (1984) Parques Nacionales de México y Reservas Equivalentes. Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM.
- Yves, S. J. (1989) Teledetección aplicada. Parainfo. Madrid, España.

12. ANEXOS

ANEXO I

1. En 1913 Lucien Gainet Brigadier, forestal francés; determinó que en el Desierto de los Leones había un volumen por hectárea de 562.8 m³, del cual 99.7 % eran maderas de coníferas, (Sosa, 1952). En 1983 (70 años después) la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos determinó que en el mismo bosque había 401.8 m³/ha, o sea el 71.38% del volumen existente en 1913 (Vázquez, 1987).

2. Por otra parte, del volumen /ha determinado en 1983 el 96% corresponde a coníferas, es decir que en ese período ganaron terreno las latifoliadas (Vázquez, 1987).

3. En 1983 el 77% del volumen total estaba sano, mientras que el resto estaba: muerto en pie (13%); 4. plagado y/o enfermo (4.5); 5. ocoteado, rayado, calado para tejamanil, etc. (3.1%); 6. descopado (2.1%) 7. y el resto estaba derribado (0.2%), 8. con plantas parásitas (0.1%) 9. y con la punta seca (0.01%). Las coníferas –oyameles y pinos-sanos representaron el 76% del volumen total de resinosas. Las dos coníferas más importantes en este bosque *Abies religiosa* y *Pinus hartwegii*, del volumen total del citado en primer término 10. estaba dañado el 28%, mientras que 11. del segundo el 19% del arbolado presentaba daños. (Inventario Forestal, 1983; en: Vázquez, 1987).

12. En 1981 se presentaron los primeros síntomas de disminución del vigor, manifestados por una defoliación, debida a la senectud prematura de las hojas; lo que ocasionó una muerte lenta, aunque en algunos casos esta se incrementó rápidamente, sobre todo en el Parque recreativo y cultural “Desierto de los Leones” (Paz, 1989). 13. En 1983, en el parque el volumen total afectado fue de 181,318 m³ de madera de oyamel, equivalente al 24% del volumen total, 13b. para 1987 fue de 270,775 m³, equivalente al 36% aproximadamente de las existencias totales del parque, de madera de oyamel que son 753,063 m³. 14. Desde que se detectó dicho fenómeno hasta 1987 se conocen 87 ha de arbolado muerto 15. y 786 ha con arbolado dañado correspondientes al 57% de la superficie total del parque (Paz, 1989).

16. En 1985 en la fotointerpretación realizada por la Dirección General de Sanidad Agropecuaria y Forestal se estableció un ordenamiento del daño dentro del Parque y establecieron como criterios de clasificación la unión de los porcentajes de mortalidad propuestos por Ciesia (1984) [en: Paz (1989)] basándose en el trabajo anterior hace una clasificación ajustada la cual permitió conocer de manera general la superficie dañada, correspondiente al área de estudio determinando las superficies para cada condición:

Cuadro 1. Superficie en ha para cada tipo de condición del daño en el parque recreativo y cultural “Desierto de los Leones”. D. F., 1985 (Paz, 1989).

CONDICION	PORCENTAJE DE MORTALIDAD DEL ARBOLADO EN PIE DENTRO DE CADA RODAL	SUPERFICIE EN Ha
SANO	Arbolado sin daño	600.0
16°.MODERADO	Entre el 10 y 30% de los árboles dominantes y codominantes están muertos en pie	62.5
16b.AVANZADO	Entre el 30 y 90% de los árboles dominantes y codominantes están muertos en pie	300.0
16c.CEMENTERIOS	Más del 90% de los árboles dominantes y codominantes están muertos.	60.0

17. Cabe mencionar que la superficie en cada condición fue registrada en 1985, cuando existían 725.12 ha dañadas en el bosque y que para 1987, 17b. ascendió a 873 ha representando aproximadamente un 58% de la superficie con el 10.34% de avance (Paz, 1989).

18. Ya desde el año de 1922 el Agrónomo Agustín Tornel Olvera, entonces Jefe de la Sección de Propaganda y Estadística de la Dirección Forestal y de Caza y Pesca (Secretaría de Agricultura y Fomento), en una Monografía del Desierto de los Leones señala un número de problemas afectando al bosque, entre estos los efectos de la carcoma en los troncos de los árboles y de pudriciones causadas por *Polyporus sp*; estas últimas “siendo combatidas eficazmente” sin indicar cómo. (Sosa, 1952).

19. En 1957 hubo un ataque del defoliador del oyamel (*Evita hyalinaria*) el cual en algunos lugares alcanzó un 100% de infestación. Esta plaga apareció en los Bosques de Santa Rosa Xochiac y en los montes de San Nicolás Totolapan y de La Magdalena, y se extendió por una amplia zona que incluyó el Desierto de los Leones, causando graves daños

en poco tiempo sobre más de 7,000 ha. En su ciclo biológico el defoliador presentó larvas en septiembre al igual que en el período junio a abril. Hubo huevecillos y adultos en mayo, mientras que en abril se observaron crisálidas (Sangri, 1962; Rodríguez, 1961; citados por Vázquez, 1988).

20. En 1962 se registran problemas de muerte de plántulas de oyamel en el vivero forestal de La Venta, habiéndose identificado como agente probable a hongos poliporáceos de los géneros *Ganoderma* y *Fomes* (probablemente *F. Pinicola*). **21.** En 1971 vuelve a registrarse el problema de seca y muerte del follaje en plántulas de oyamel en el mismo vivero, en esta ocasión teniendo por causas probables a infecciones por hongos identificados como *Alternaria sp* y *Pullularia sp.* (Reséndiz, y Salinas, 1985).

22. En 1983 con motivo de haberse observado un alarmante secamiento de yemas y ramas, y muerte de arbolado joven en los oyameales, quedó propuesto un Plan Integral de Investigaciones. **23.** Como parte de uno de los programas de trabajo quedó incluido uno, donde se concluye que; existen diferencias de carácter cualitativo y cuantitativo, en términos de géneros de hongos identificables, entre ambas laderas de la Cañada de Palomas y entre otros sitios. Los antecedentes sobre el Desierto de los Leones señalan posibilidades de que especies de *Alternaria* pudieran estar involucradas en el deterioro de los oyameles, considerando además que referencias bibliográficas mencionan a ciertas especies del género asociadas con procesos de enfermedades en comunidades de coníferas, desencadenando síntomas de muerte descendente y doblamiento o secamiento del eje principal, en individuos jóvenes. Las evidencias de daños pretéritos en el arbolado sobremaduro, marcan que el arbolado adulto está muy envejecido, despuntado, desramado y mostrado evidencias cicatriciales de antiguos incendios (Reséndiz, y Salinas, 1985).

Bajo tales circunstancias resultaría audaz asegurar que los hongos con probabilidades de ser patógenos, sean en el momento actual los agentes principales de los daños en los oyameles. Tampoco pueden eliminarse en forma absoluta o drástica, pues existe la posibilidad de que se encuentren interactuando aleatoriamente con otros factores, como pudiera ser alguna actividad de contaminantes atmosféricos, severas fluctuaciones climáticas (tormentas, nevadas, heladas, violencia de vientos), actividad de ciertos insectos. Sumando efectos de deficiencias de humedad en los suelos, causadas por efecto del "sandgrado" del terreno determinado por una captación inapropiada del agua de los manantiales, afectando las cuencas altas, y en particular la de la Cañada de Palomas (Reséndiz y Salinas, 1985).

24. En la década de los ochenta un estudio sobre la distribución e impacto de la roya en pinos y especies alternantes en el desierto de los leones, donde el área de estudio específica fueron la Cañada Agua de Leones, Cruz de Colica-Cañada de Palomas y Cruz de Colica – Cerro de San Miguel, en el aspecto fitosanitario destacó el muérdago enano y verdadero (*Arceuthobium vaginatum* Presl Subsa. *Vaginatum*); enfermedades foliares causadas por micromicetos pertenecientes a la familia Hipodermatacea; también se encuentra la roya de pinos (*Cronartium sp.*) que ataca a conos, ramas y tallos, la cual fue el objeto de este estudio. Por lo que respecta a las plagas que más afecta al bosque, sobresalieron los descortezadores (*Dendroctonus adjunctus*) (Reséndiz, 1989).

25. Se determinó en el Parque un porcentaje de infección de 2.3, ocasionado por la roya (tentativamente *Cronartium sp.*) en la especie *Pinus hartwegii* donde el muestreo fue por transecto altitudinal en cada una de las áreas de estudio y el número de pinos muestreados fue de 1484. Este bajo porcentaje al parecer se explica en función de una disminución del contenido de humedad debido a una captación inadecuada del agua de lluvia que se ha practicado durante mucho tiempo en la zona de muestreo, lo cual probablemente ha modificado las condiciones ambientales como por ejemplo: temperatura, humedad relativa del suelo y aire, entre otros factores. Por lo que respecta a la presencia de la roya en el arbolado de *Pinus hartwegii*, cabe señalar que en los individuos maduros fue donde se manifestó con mayor incidencia el patógeno, dañando principalmente conos en donde la mayoría de los tumores se encontraron en una etapa senil o caduca. En cuanto a las condiciones ambientales, se puede mencionar que en el rango altitudinal de 3370 a 3470m, en pendientes entre 10 y 20 %, una exposición Noroeste, y un tipo de sotobosque compuesto por *Festuca sp.*, *Muhlenbergia sp.*, y *Senecio cinerarioides*, fueron las condiciones que más favorecieron la propagación de la roya. (Reséndiz, 1989)

26. Es importante mencionar que a finales de 1980 se inició una muerte masiva de bosques en Europa Central, en cuyo origen, aún cuando éste no se ha precisado, según concuerdan la mayoría de investigadores, se encuentran involucrados compuestos fitotóxicos presentes en la atmósfera y/o en la rizósfera. Así mismo, en los bosques de Norteamérica también se ha observado una muerte masiva con características similares a las encontradas en el parque Desierto de los Leones (SARH, 1992).

27. En 1982 un número considerable de *Abies religiosa* fue reportado como muerto. Especialistas de la Universidad Nacional de Chapingo; Sanidad Forestal; un grupo de la Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales; empezaron a buscar las posibles causas de la muerte. Un gran inventario del daño fue realizado. Después por medio de fotografías aéreas en infrarrojo se mapearon y localizaron

los árboles muertos y dañados (muriendo). Se establecieron varias observaciones permanentes. Científicos de los Estados Unidos y Canadá fueron invitados a asistir a la investigación. (Ciesla y Samano, 1987).

28a. Estas investigaciones encontraron varias infestaciones con diferentes especies de escarabajos barrenadores en los árboles muertos y que estaban muriendo, **29.** pero de un significado sumamente mayor encontraron muchos árboles vivos visiblemente estresados. **30.** El resultado de estos inventarios completados en **1983** indicaron que cerca del 28% de los *Abies* se encontraba dañado.

Muchos de los *Abies* en el Desierto de los Leones han desarrollado coronas redondeadas, (donde las coronas normales son en forma de pirámide), lo que sugiere una repentina reducción de su crecimiento en su altura. Estos árboles están reteniendo su follaje solo 2 o 3 años (normalmente más de 6 años) lo que causa que las coronas sean más delgadas. En muchos casos el follaje remanente es de color café pálido en vez de su color verde azulado fuerte. Las investigaciones también encontraron que los *Abies* del desierto de los Leones no han producido conos en recientes años y que la regeneración es muy poca. (Ciesla y Samano, 1987).

28b. Los escarabajos encontrados infestando a los árboles muertos y dañados normalmente no causan un daño extensivo, podemos decir que esta infección es de alguna manera inusual. *Scoytus mundos*, un escarabajo barrenador cercanamente relacionado descortezamiento de oyamel; *Scoytus ventralis*, fue en ocasiones encontrado invadiendo la punta de las coronas de ramas largas.

31. Un número grande de un segundo barrenador, *Pseudohylesinus variegatus*, fue encontrado infestando a los oyameles. Esta especie no ha sido observada como agresiva, usualmente se encuentra atacando a grupos aislados de árboles durante periodos de sequía. Esto indica que algo más es la causa de la debilitación de los *Abies* que los hace susceptibles al ataque de estos insectos.

32. La primera pista para otra posible causa del daño la proporcionó el *Pinus hartwegii*. Esta especie presentaba en sus agujas un peculiar patrón moteado. Una revisión más detallada en el bosque de *Abies* reveló el mismo patrón de follaje moteado y también en la vegetación secundaria. Este tipo de daño, conocido como moteado debido al cloro, es un síntoma clásico asociado con altos niveles de ozono. El deterioro es más severo en las partes bajas de laderas y cañadas que dan la cara directamente a la ciudad de México. Este patrón de daño da fuerza a la teoría de que el aire contaminado sea por lo menos parcialmente el responsable del problema. Las condiciones están cambiando rápidamente y se observa que los escarabajos continúan atacando a los árboles débiles (Ciesla y Samano, 1987).

Una vista más cercana en el bosque de *Abies* reveló el mismo patrón de follaje moteado en el sotobosque así como arbolado. Este tipo de daño, conocido como moteo clorótico, es un síntoma clásico asociado con altos niveles de ozono (Ciesla y Samano, 1987).

33. En un estudio sobre la microflora y posibles agentes patógenos que inciden en la rizósfera de la comunidad de oyamel en el parque; de todos los microorganismos que se presentaron en la rizósfera, los hongos fueron los que más daños causaron al sistema radicular, pero en dicho trabajo no se encontró un porcentaje alto de los géneros reportados como patógenos como son *Alternaria* y *Pestalotia* (Aguilar y Ruiz, 1987).

El daño que está sufriendo la comunidad de oyamel *Abies religiosa* en el Desierto de los Leones hasta **1984**, no se debe solo quizá a daños causados por la rizósfera, sino también a una serie de factores que actúan conjuntamente sobre el deterioro del arbolado (Aguilar y Ruiz, 1987).

34. En **1987** continúan los reportes de arbolado muerto y en proceso de muerte, al grado de que en un fenómeno muy común en el parque. El deterioro es más severo en las partes con mayor pendiente y arroyos (ríos) que dan la cara directamente a la ciudad de México. **35.** Las condiciones dentro del parque están cambiando rápidamente tanto como los escarabajos continúan atacando a los árboles débiles. Para este entonces (1987) se estima que el área dañada se ha incrementado hasta el 30% desde la primera evaluación con fotografías en infrarrojo del parque las cuales fueron tomadas en 1985 (Ciesla y Samano, 1987).

36. Vázquez (1988) cita que en el Desierto de los Leones y con más intensidad en las áreas boscosas que lo circundan, fue posible encontrar ataques de descortezadores que merecían la organización de una amplia campaña experimental.

37. En este mismo año (1988), en un estudio sobre los bosques de pino de las altitudes más bajas fue posible encontrar un descortezador (*Dendroctonus mexicanus*) **38.** y en la patología de los oyameles estaba por definirse la importancia relativa de varios hongos radiculares como *Alternaria*, *Pythium* y *Veticillum* en las partes aéreas *Fusarium* y *Armillariella* entre otros. **39.** Se debe consignar también a insectos chupadores (*Cinara*) y otros insectos

defoliadores (*Choristoneora*, *Eucosma* y *Rhyaciona*) 40. y una planta parásita sobre el *Pinus hartwegii* es el muérdago enano (*Arceuthobium vagiatum*), 41. mientras que otra lorantácea (*Arceuthobium abietis-religiosae*) parásita sobre el oyamel, aunque es escasa (Vázquez, 1988).

42. En 1987 en el estudio de la influencia del descortezador *Pseudohylesinus variegatus*, en la muerte del oyamel (*Abies religiosa*) se destaca que *Pseudohylesinus variegatus* ataca en forma continua durante el periodo estival a los oyameles del "Desierto de los Leones", donde el éxito de los ataques se manifiesta en los individuos debilitados, al parecer en gran medida por factores externos (contaminación ambiental, disminución del manto freático y enfermedades), árboles viejos así como la plaga descortezadora, la cual eventualmente cambia sus hábitos de plaga secundaria a plaga primaria provocando la muerte de estos árboles débiles. Los árboles con copas casi muertas (árboles con un % de copa viva de 25%, con un color de follaje café oscuro, una copa transparente [se ve perfectamente a través de ella] y con una punta muerta) fueron los que presentaron una mayor incidencia de daño por esta plaga; se presentaron 28 ataques en promedio por unidad de muestreo, de los cuales 26 fueron fallidos y 2 ataques exitosos por muestra. También se manifestaron 4 ataques al floema en promedio por cuadro de corteza. Esto demuestra que estos árboles están siendo poblados densamente por este insecto descortezador, debido a que en una muestra de corteza de 20 por 20 cm se encuentran 53 larvas vivas, lo cual muestra que estos árboles casi muertos no cuentan con el vigor suficiente para impedir el ataque y establecimiento de *P. variegatus*. En gran medida se puede inferir la susceptibilidad de los árboles al ataque de este descortezador por la condición de su copa. Los árboles con copa sana (con más del 75% de copa viva, con una densidad de follaje no transparente [a través de ella no se observan los objetos]), con un color de las hojas verde oscuro; presentan una retención del follaje de 4 años y una punta en forma puntiaguda. Estos árboles presentan un total de 23 ataques de este descortezador en promedio por unidad de muestreo. Estos ataques en su totalidad fueron fallidos y ninguno éxitos, lo anterior se explica por el gran vigor que presentan los oyameles, por lo cual son capaces de repeler todos los ataques de este insecto (Aguirre y Bernal, 1988).

43. La presencia de varios factores externos, como la contaminación ambiental, plagas del suelo, agotamiento de mantos freáticos, masa arboladas viejas, entre otros junto con la plaga del descortezador, a través del tiempo, han originado el debilitamiento gradual de los oyameles; lo cual causa un mayor proporción de ataques con éxito de *P. variegatus* en los árboles, hasta infestarlos completamente y provocar su muerte, transformando los hábitos secundarios de este descortezador a hábitos primarios (Aguirre y Bernal, 1988).

43b. En 1989 Paz reporta que los ataques por descortezadores se presentan a lo largo del año, con ligera abundancia al final del otoño y principios del invierno; los ataques son exitosos solo en el arbolado muy deteriorado.

44. Notas encontradas de 1992, indican que el parque cultural y recreativo "Desierto de los Leones", ha estado sometido, durante los últimos años, a diversos agentes patógenos de origen biótico y abiótico los cuales afectan de manera directa e indirecta la condición fitosanitaria de las especies vegetales presentes en el área, particularmente al bosque de constituido de *Abies religiosa* y *Pinus hartwegii* (SARH, 1992).

49. En el caso de los pinos del Desierto, estos han sufrido diversos actos de vandalismo, como son el ocoteado y cinchado de los árboles; la extracción de tierra de monte, la extracción ilegal de leña y piedra, el aprovechamiento de la vara de perlilla, etc., pero sobre todo se han aprovechado las aguas que estos bosques regulan (Vázquez, 1987).

50. Desde siempre se ha hablado de talas "despiadadas y crueles" en el Desierto de los Leones, por ejemplo en 1930, 51. pero debemos recordar que también antes de esos años se habían citado cuestiones semejantes, con motivo de que el 22 de enero de 1918 sopló sobre el bosque un viento huracanado que abatió aproximadamente 200,000 árboles, según algunas referencias (Sosa, 1952).

52. De acuerdo con algunos estudios realizados a partir de 1980 en *Pinus hartwegii* se ha observado que el efecto de la contaminación atmosférica por los oxidantes fotoquímicos, especialmente ozono, influyen directamente en la condición de los árboles de esta especie, de tal manera que frecuentemente se observó un bandeo transversal y/o moteado clorótico en las hojas de mayor edad, así como una defoliación prematura (SARH, 1992).

53. En un estudio sobre las comunidades liquénicas epifitas en *Abies religiosa* como indicadores de contaminación atmosférica, en donde se concluye que la contaminación atmosférica es un factor debilitante de los bosques (Cantoral 1988, citado por: SARH, 1994b)

54. También se ha citado que los gases oxidantes procedentes de la Ciudad de México, al despalzarse hacia el sur y suroeste de ésta y llegar al Desierto de los Leones, juegan un papel importante en la declinación de *Pinus hartwegii*, presentando un moteado clorótico en las hojas del último crecimiento anual y defoliación prematura, características del efecto de gases oxidantes, principalmente de ozono, en la especie citada (de la I. De Bauer y Hernández, 1986; citado por Vázquez, 1988).

55. Por efecto de contaminación por lluvia ácida se detectó un gran deterioro en las principales especies forestales del parque como lo demuestran Arce y García **1999**, citado por SARH **1994**).

56. La carretera que va desde el pueblo de la Venta hacia San Angel fue construida hacia el año de **1933**, y esta atraviesa completamente el monte del Desierto. La calzada tiene un desarrollo total aproximado de 25 kilómetros desde Villa Obregón (San Angel) hasta la Venta (Sosa, 1952).

57. En cuanto a la infraestructura de caminos, aparte de la carretera asfaltada, existen una serie de caminos de terracería, en donde se puede transitar con vehículos altos. También hay una serie de veredas, algunas que eran de saca y no llevan a ningún lado y otras que los llevan a algunos parajes (SARH, 1994a).

58. El área recreativa y cultural mas importantes de Parque es el Ex – Convento y sus alrededores. Hay diez áreas recreativas de mesabancos-hornillos, siete de las cuales estan a orilla de la carretera. En el área recreativa de Cruz Blanca; existen varias casas de madera, varios mesabancos hornillos y baños públicos muy deteriorados. Una casita de madera habilitada como caseta de vigilancia, con un vigilante a cargo de la misma (SARH, 1994a).

59. Los árboles que crecen en espacios abiertos o en exposiciones suroeste, o en general en aquellas regiones relacionadas con el sur reciben la maxima iluminación y por lo tanto la máxima cantidad de energía solar por las tardes, es decir, en momentos en que pueden presentarse los puntos agudos de las exigencias de humedad, esto es cuando hay posibilidades de tener “tensiones hídricas”, localizándose así en esas exposiciones masas forestales pobremente desarrolladas y los cementerios, siempre en relación con pérdidas de humedad, sea por la fisiografía de los terrenos, por extracciones de agua, por la naturaleza de los terrenos, o por varias otras causas (Vázquez, 1988).

60. Los “cementerios de árboles” se localizan fundamentalmente en las series Tianguillo y la Palma. En esas mismas series de suelos se localizan áreas de captación de agua y los Cementerios de la carretera y Casamanero que no están señalados en relación con captaciones y tuberías, si tienen relación con el arroyo San Borja, donde hay obras para extraer agua del parque (Vázquez, 1988).

61. Las poblaciones cercanas del parque Nacional son Santa Rosa Xochiac, San Mateo Tlaltenango, San Lorenzo Acopilco, Cuajimalpa, San Bartolo Ameyalco, Contadero, El Encinar, Tianguillo, Las Maromas. La ciudad cercana mas importante es la de México, Distrito Federal. Dichas poblaciones se han incrementado notablemente en ls últimas décadas. Un ejemplo es el crecimiento demográfico en la Delegación Cuajimalpa de Morelos que en 49 años ha sido de 1 236.76% de incremento es decir en 1950 existían 9 676 habitantes, para 1990 eran 119 669 (INEGI, 1993). Dicho aumento tan grande, evidentemente tiene que influenciar negativamente al Parque Nacional (SARH, 1994a).

62. Existen numerosas obras ya construidas y otras en construcción para tomar el agua del parque, que pueden repercutir en el bosque; **62b.** también existe pastoreo dentro del parque (SARH, 1994a).

63. Otro factor de disturbio ha sido la verdadera “exprimida” qu se dá al Desierto (Sosa, 1952) al extraerle agua sin ninguna planeación, durante largo tiempo, esperando, además, que el bosque no reaccione y no cambie su estructura. Desde **1786** la Ciudad de México acreditó los derechos que le asistían para el aprovechamiento de los manantiales del Desierto. No es sino hasta **1908** que las aguas de Xochimilco se unieron en el abastecimiento a la Ciudad de México junto con las de Santa Fé y las de Chapultepec.

64. En cartas geográficas elaboradas hace más de 100 años ya se consigna la presencia de un acueducto en la zona del actual Parque. En **1899** llegaban a la Capital 150 litros por segundo del Desierto y Santa Fé. En la actualidad hay todo un sistema de captación y manejo de aguas en el Desierto. Este sistema, tiene una estrecha relación con el deterioro foresta, según se desprende del estudio del mismo en relación con la presencia de seis “cementerios de árboles” localizados en el Desierto y que en conjunto cubre una superficie de 274 ha. En grandes porciones de esos cementerios la mortandad de los árboles llega al 100%. (Vázquez, 1987).

65^a. La Comisión Coordinadora para el Desarrollo Rural del D.D.F encontró en **1983** un bosque con un alto grado de deterioro. Un bosque donde los árboles de 150 a 180 años de edad que citó el francés Gagnet ya habían desaparecido. Donde de los estudios sobre Dendrocronología se ha determinado que los árboles más viejos que encontramos fueron de 107 a 119 años. Pero ya todos muertos. Los árboles vivos más viejos llegan sólo a 112 años de edad. **65b.** Tambien se pudo deducir que los árboles murieron principalmente en el período **1973-1978**. **65c.** Para **1987** se habían cercado unos 238,000m³ de maderas superando, desgraciadamente, los 1750,000m³ calculados con base en el inventario forestal de 1983. Es decir, la mortandad ha seguido. (Vázquez, 1987).

66. Con lo que respecta a la afluencia de visitantes, no se tienen registros, sin embargo para 1984 se tienen dos datos diferentes. El administrador del Parque, el Ing. Simón Zavaleta Pineda, reporta 25000 visitantes a la semana, pero el teniente Julián Alba Guitiérrez, jefe en turno de los guardabosques reporta que a la semana se recibe una afluencia de alrededor de 12 000. (SARH, 1994a).

67. El Parque Nacional Desierto de los Leones, es constantemente visitado durante el año, por ser un sitio cercano de esparcimiento y recreo para los habitantes de la zona metropolitana de la Ciudad de México.

Durante el periodo de "Semana Santa" se incrementa significativamente el riesgo de que se presenten incendios forestales, debido al periodo vacacional, en el que gran cantidad de paseantes acuden al parque, así, como los peregrinos que transitan del mismo, para llegar al Santuario de Chalma, deambulando en dos rutas bien definidas que a continuación se describen:

1. Xalpa o Cuajimalpa: Los peregrinos que utilizan esta ruta, provienen de las comunidades de San Lorenzo Acopilco y de los municipios del estado de México aledaños al Distrito Federal como son: Huixquilucan, Naucalpan, Atizapan y Tlalnepantla.

Los sitios o puntos de descanso que están plenamente identificados son:

- Tres Caminos
 - Exvivero Oyameles
 - Presa Agua de Leones
 - El Arenal Chico
2. De las Cruces: Los "Chalmeros" que accesan a esta ruta, provienen de las comunidades de Santa Xoquiaco, San Bartolo Ameyalco, San Bernabé Ocotepc, o bien de las delegaciones políticas de la zona poniente que conforman al Distrito Federal.

Los sitios o puntos de descanso para esta ruta son:

- Peñas de San Andrés o las Carolinas
- La Cruz de Colica
- La Cruz de Coloxtitla
- El arenal Chico

Con base a los datos proporcionados por la Regional No. 1 de Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural (CORENA), se estima que durante el pasado periodo vacacional se tuvo una afluencia aproximada de 127,400 paseantes y 13,980 "chalmeros" (CORENA 2002).

Bibliografía anexo I

- Aguilar, M.E. y Ruiz, N. (1987) Estudio de la microflora de rizósfera de oyamel del Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones. Lab. Patología, (reporte interno) INIF.
- Aguirre, H. y A. Bernal, (1988) Influencia del descortezador (*Pseudohylesinus variegatus*) (Blandford) en la muerte del Oyamel *Abies Religiosa* (H. B. K) Schl. et Cham. en el Parque Recreativo y Cultural "Desierto de los Leones", D. F. Tesis licenciatura. UACH. México.
- Ciesla, W. and Samano, J. (1987) Desierto de los Leones a Forest in crisis. *American forests*. November/December 1987.
- Paz, D. (1989) Sistemas de calificación de riesgo para estimar la muerte de oyamel (Ar. Schl. Et Cham.) en el Parque Nacional Desierto de los Leones, D.F. Tesis de Licenciatura, UACH, México.
- Reséndiz (1989) Distribución e impacto de la roya en pinos y especies alternantes en el Desierto de los Leones. Lab. Fitopatología (reporte interno). INIF
- Reséndiz, J. F. y Salinas, R. L. (1985) Observaciones preliminares sobre incidencia de hongos en una comunidad de oyamel (*Abies religiosa*) en el Parque recreativo y cultural Desierto de los Leones, D.F. Lab. Patología (reporte interno), INIF.

- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, SARH (1992) Tratamiento químico para la prevención y control de la declinación y muerte de *Abies religiosa* y *Pinus hartwegii* en el Desierto de los Leones, D.F., México.
- Sosa, A. (1952) Parque Nacional Desierto de los Leones (Los parques nacionales de México) Secretaría de Agricultura y Ganadería. Dir. general forestal y de caza. México, D. F.
- Vázquez, J. (1987) El saneamiento y la limpia forestal en el Desierto de los Leones. COCODER-DDF, México.
- - - - - (1988) Los tratamientos silvícolas del Desierto de los Leones, sus fundamentos. COCODER-DDF, México.

ANEXO II

Datos que corresponden a los eventos registrados para la tabla de incendios (7.3.3), los números en la primera columna en la tabla y en negritas en el texto, corresponden al número de registro y en la siguiente tabla el número ya asignado es el que indica el registro en la tabla de incendios.

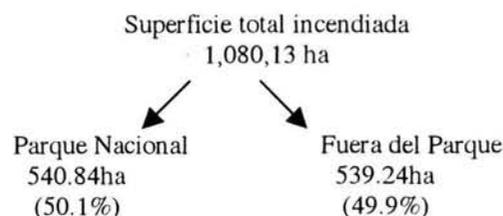
**COMISIÓN DE RECURSOS NATURALES Y DESARROLLO RURAL
PROGRAMA DE PREVENCIÓN, CONTROL Y COMBATE DE INCENDIOS FORESTALES**

INCENDIOS EN EL DESIERTO DE LOS LEONES

No.	No. Inc. Temp.	Fecha	Delegación	Problema	Paraje	Sup. Afectada (ha)	Tipo de Vegetación	Cuadrante
TEMPORADA 1994 - 1995								
CORENA								
1	279	24 Mar 95	Cuaymaipa	San Mateo	Cañada de Rancho los Lauretes	1.00	Arbusto	110 / 32
2	347	1 Abr 95	A. Obregón	Desierto de los Leones	Charco	2.00	Paso	110 / 27
3	538	26 Abr 95	Cuaymaipa	Zona Federal	Cedral El	0.10	Paso	110 / 33
TEMPORADA 1995 - 1996								
CORENA								
4	811	3 Abr 96	Cuaymaipa	Desierto de los Leones	Casamanero	4.00	Arbusto	109 / 29
5	836	5 Abr 96	A. Obregón	Ocotul El	Santa Rosa	2.00	Paso	110 / 27
6	703	11 Abr 96	Cuaymaipa	Desierto de los Leones	Casamanero	1.00 0.50	Arbusto Paso	110 / 29
7	867	21 May 96	A. Obregón	Ocotul El	Santa Rosa	1.00	Paso	110 / 28
TEMPORADA 1997 - 1998								
CORENA								
8	279	21 Feb 98	Cuaymaipa	San Lorenzo	Arenal El	2.00	Paso	108 / 28
9	419	6 Mar 98	Cuaymaipa	Parq. Nac. Desierto de los Leones	San Miguel	5.00	Paso	108 / 25
10	894	3 Abr 98	Cuaymaipa	San Mateo	Ponillo Viejo	1.50	Huayraca	108 / 29
11	705	4 Abr 98	Cuaymaipa	San Mateo	Metropolitano La	1.00 0.50	Paso Arbusto	110 / 30
12	713	4 Abr 98	Cuaymaipa	San Lorenzo	Hongo Los Cerro	1.00	Paso	108 / 25
13	724	6 Abr 98	Cuaymaipa	Desierto de los Leones	Cerro San Miguel Cerro Caballero Pardero El Cerro Hongo Cerro Acotulilla Casamanero Ventana La	12.00 2.00 300.00 14.00 72.00	Arb. Adulto Renuevo Paso Reforestación Arbusto	108 / 24 109 / 25 110 / 25
14	48	13 Ene 98	M. Contreras	M. Contreras	Cocconeta	0.50 0.50	Paso Huayraca	110 / 25
15	298	18 Feb 98	Cuaymaipa	Zona Federal	Parq. Desierto de los Leones Cerro San Miguel Cerro Caballero Cotulilla	5.00 85.00 10.00	Renuevo Paso Arbusto	109 / 26 108 / 26
TEMPORADA 2001 - 2002								
CORENA								
16	251	13 Abr 02	Cuaymaipa	Comunidad M. Contreras	Cerro la Palma	0.50	Reforestación	107 / 24
17	365	12 May 02	Cuaymaipa	Desierto de los Leones	Cementerio El	1.20	Arbusto	109 / 29

Sobre el incendio sucedido en el Parque el día 6 de abril de 1998, se entrego un informe diagnóstico del cual obtuvimos la siguiente información:

Se ha estimado que se inició en el paraje denominado como "Agua de Leones". Tuvo una duración de 84 horas con treinta minutos. Posterior al incendio se realizaron recorridos para delimitar en cartografía la superficie afectada, de lo cual se obtuvo lo siguiente:



El daño más severo que se identificó corresponde al 14.4% (146.8 ha) de la superficie afectada, en los parajes conocidos como “Cueva de Lobos”, parte media de la Cañada de San Miguel y las Coloxtitlas” (ésta última donde se registró el daño más grave, por la presencia de arbolado muerto en pie y derribado, la concentración de madera en rajas o en rolas apiladas). Se caracteriza por una quema total de la materia orgánica superficial, dejando una capa de ceniza de 10 cm de espesor, en promedio. Así mismo en el siguiente horizonte se encontró visualmente humedad a partir de una profundidad promedio de 10 cm y la presencia de materia orgánica en descomposición mezclada con el suelo.

En el resto de la superficie sineistrada, el fuego se presentó de manera muy superficial y avanzó rápidamente, de tal manera que sus efectos se pueden equiparar con lo de una quema controlada. En este sentido, los incendios de este tipo en terrenos bien drenados y con acumulación de materia orgánica por varios años (caso del Desierto de los Leones), raramente generan temperaturas a 52°C por más de 15 min, en una profundidad de 3 a 6 mm del suelo (Pritchett, 1986). El material orgánico del suelo funciona como una cubierta aislada contra la temperatura del suelo.

Las quemaduras ligeras como las que se presentaron en la mayor parte del Desierto de los Leones, se estima consumieron las mismas cantidades de material orgánico en el suelo, que las caídas anuales provenientes de la vegetación viva. A pesar de las pérdidas obvias de material orgánico durante los incendios superficiales, los informes (Pritchett, 1986), generalmente no han indicado disminuciones de importancia a largo plazo en el total de la materia orgánica del sistema suelo-cubierta forestal. CORENA 1998.

La fauna del suelo abarca los animales que viven en la cubierta forestal y en el suelo mineral durante todo el año o durante una parte del mismo. Muchos de ellos se mueven de un lado a otro entre los dos estratos. Por tanto, los efectos del fuego sobre los animales del suelo dependen de su hábitat y de su movilidad. En realidad, la mayor parte de los organismos en los 2.5 cm superiores del suelo mineral sobreviven a los incendios moderados (Pritchett, 1986), como sucedió en el 87% de la superficie afectada por el fuego en el Parque Nacional.

El principal daño ocasionado por el fuego en los parajes de “Cueva de Lobos”, “Parte Media de la Cañada de San Miguel” y las “coloxtitlas”, se presentó en la vegetación de sotobosque, es decir a arbustos y hierbas, dejando una capa de ceniza de hasta 10 cm de profundidad.

Dentro del diagnóstico se describen los daños los cuales no solo abarcan los ocasionados por el incendio directamente, sino a la condición de deterioro que se presentaba previamente al siniestro (alta mortalidad de arbolado y de material combustible). De lo anterior y con base en la continuidad del comportamiento de daños y tipo de vegetación se obtuvo una zonificación con 10 áreas, estableciendo para cada una de ellas la descripción cualitativa de daños.

R1.

Paraje: Parte Alta de Loma de Vaquería

Superficie: 19.1 ha

13. Esta superficie se considera con riesgo de erosión por su pendiente (50%) y escasa cobertura herbácea y arbórea.

R2.

Paraje: Llano Grande y Loma la Vaquería

Superficie: 176.84 ha

14. El daño se identificó principalmente en pasto y en regeneración de hasta una altura de 1 m. La que evidencia más efecto del fuego es el *Pinus patula*.

La pérdida de especies arbóreas se estima como máximo en un 20% en alturas de hasta 2 m.

El daño generalizado en la regeneración de especies arbóreas es ligero en tallo y ramas bajas, por lo que se prevé su recuperación: En cuanto a pastizal este ya presenta rebrotes vigorosos.

15. En el arroyo que delimita esta área, se observan fuertes problemas de erosión debido a una brecha antigua que se encuentra adjunto a la corriente.

R3.

Paraje: Cabecera de la Cañada San Miguel

Superficie: 21.28 ha

16. El daño ocasionado por el fuego se identificó en el pastizal y algunos árboles de renuevo, los cuales se prevé se recuperen.

Existen brechas cortafuego las cuales no fueron efectivas en el control de incendio por las fuertes ráfagas de viento que en especial se presentaron en estas altitudes.

R4.

Paraje: Cerro los Hongos y Cerro el Caballete

Superficie: 35.65 ha

17.La vegetación natural se integra por pastos amacoyados en alta densidad y *Pinus hartwegii* en baja densidad, por lo cual el incendio se propagó a una altura muy baja causando daño al pastizal y en menor medida al arbolado joven.

Se considera que esta área no fue dañada significativamente. Se observa arbolado muy disperso de Pino quemados en su totalidad sin representar más del 10% del arbolado vivo con daños a nivel de la corteza, los cuales se prevé se recuperen.

18.Existe gran cantidad de madera tirada y árboles muertos en pie distribuidos en el rodal.

R5.

Paraje: Cueva de Lobos, Parte Media de Cañada de San Miguel y las Coloxtitlas.

Superficie: 146.76 ha

El área se puede considerar en cuanto a su vegetación, como bosque puro de *Abies religiosa* en estado adulto en un 80%.La cobertura de copas del oyamel, va desde 20% hasta 60%, lo que crea suficiente cobertura del suelo. La presencia de arbustos vivos se distribuye de manera irregular en manchones por toda la superficie quedando un 40% con daños en la base, el cual se prevé se recupere, apoyando la regeneración de estas especies en toda la zona.

19.Se estima un 30% de arbolado muerto en pie en su mayoría no por el fuego. Existe arbolado juvenil que fue quemado hasta la copa, salvo algunos individuos que se encuentran distribuidos esporádicamente en toda el área.

Es una zona de cañadas en donde el fuego impulsado por fuertes ráfagas de viento, alcanzaron llamas de una altura de hasta 10m de acuerdo al daño que se observa en el arbolado en pie.

Ésta es la zona con el máximo daño detectado, el cual consiste en:

- Eliminación de toda la vegetación arbórea
- Eliminación de toda la materia orgánica (hojas, ramas principalmente)
- Muerte del 80% de arbolado juvenil hasta de 8m de altura
- Muerte del 60% de arbustos
- Daño en la corteza del arbolado maduro, en algunos casos hasta alturas de 10 m

20.Existe una gran cantidad de madera en el suelo y muerta en pie. El arbolado derribado por el viento de raíz, presenta buenas características comerciales con daño en la corteza. Estos aspectos negativos del material combustible no son consecuencia del incendio, las condiciones y prevalecían antes del mismo.

Por las pendientes mayores al 30% en algunas zonas del rodal, la falta de materia orgánica en el suelo y la poca compactación de suelo, se prevén riesgos de erosión.

La capa de ceniza es en promedio de 10 cm.

R6.

Paraje: Muculoa

Superficie 113.92 ha

21.El arbolado maduro únicamente sufrió daños en la corteza a alturas de hasta 2m y se observaron algunos árboles de renuevo dañados en el follaje, se prevé su recuperación.

El daño ocasionado por el fuego se concentró en el pastizal hasta en un 80-90%. En arbusto el daño se estima hasta un 50% de la población, el resto presentó únicamente daños en la base y se prevé su recuperación.

23.Existe gran cantidad de madera seca en el suelo y 20% de arbolado muerto en pie.

R7

Paraje Goteadero

Superficie: 86.42 ha
23.

El 20% del arbolado en pie se encuentra muerto y existe una gran cantidad de madera seca en el suelo.

22.El daño se concentró en el estrato herbáceo y arbustivo así como en la regeneración natural de hasta 1 m de altura.

El daño en arbolado maduro y en la regeneración de más de 1.5m sólo sufrió daños en la corteza en el primero de los casos, y en las ramillas y hojas más bajas en la regeneración avanzada.

R8

Parajes: Casamanero y Cementerio

Superficie 74.7 ha

En la parte norte del rodal la topografía es excesivamente accidentada con presencia de peñascos, presentando muy poco arbolado (*Abies religiosa*) el cual presenta síntomas de declinación.

25.El daño sufrido en el resto de la superficie se considera como moderado caracterizado por afectación de pastos que ya presentan brotes, en las ramas y hojas bajas de la regeneración natural de oyamel y reforestación de *Pinus patula* y en la corteza del arbolado maduro.

Al igual que en el resto del Parque Nacional la presencia de gran cantidad de madera seca en el suelo y arbolado muerto en pie o enfermo, es constante.

R9.

Parajes: Parte Alta de Barranca Texcaltitla y Barranca Cacaloac

Superficie: 121.44 ha

26.

La vegetación natural corresponde a bosque puro de oyamel con la especie *Abies religiosa*. Se trata de una de las áreas de este tipo de bosque mejor conservadas del D.F. Mantiene una alta densidad de arbolado maduro con una cobertura de copa de 80-90%. Existe regeneración natural distribuida regularmente en toda el área.

Es notable la diferencia de los daños por el incendio entre esta zona y las demás observadas, ya que en este bosque mucho mejor conservado el fuego avanzó muy lentamente y fue totalmente superficial.

27.Se estima la presencia de arbolado muerto en pie de hasta un 25% del arbolado maduro. La presencia de madera seca en el suelo aunque no es abundante es recomendable su control.

El daño se presentó a nivel del estrato herbáceo, a excepción de manchones pequeños dispersos en donde se afectó el matorral y hasta 3 m de altura en el fuste del arbolado maduro.

R10

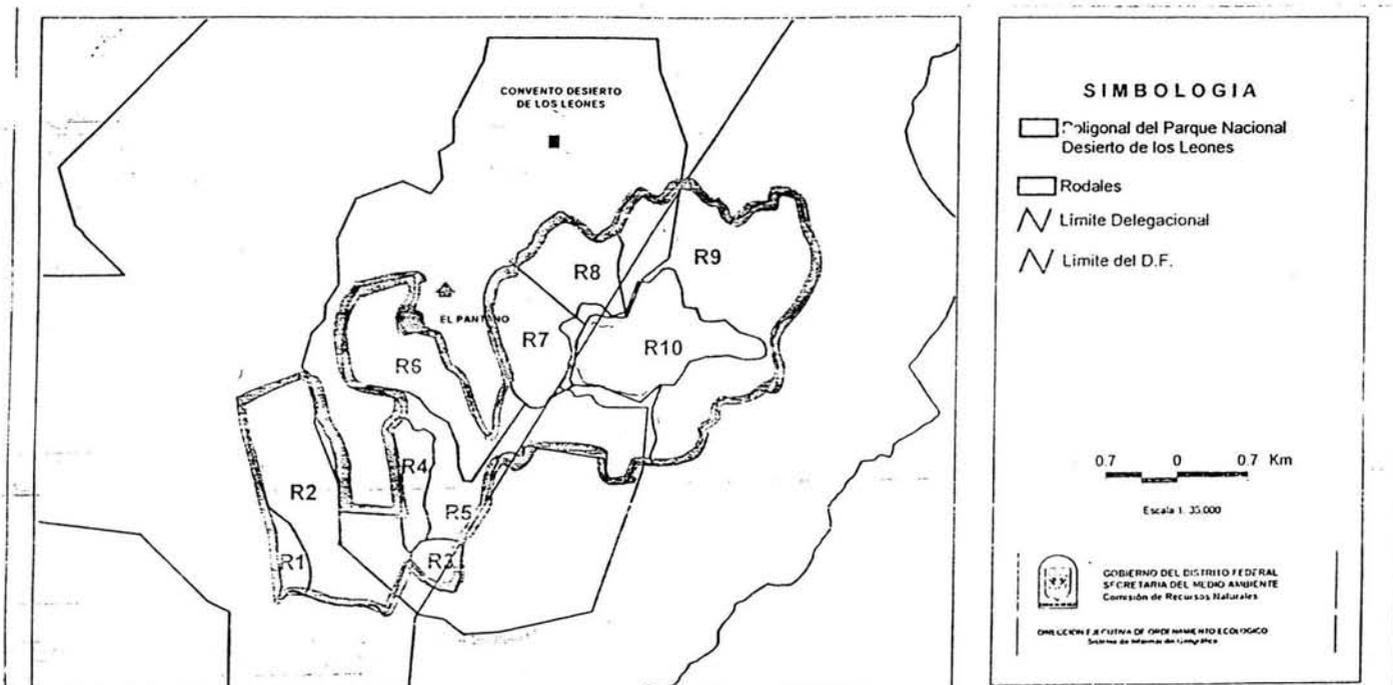
Parajes: El Ocotal y Cerro el Charco

Superficie: 284.39 ha

28.En general el daño se presentó en el pasto y en la corteza de arbolado maduro a nivel de la corteza. Salvo algunos puntos limitados en que arbolado juvenil quedó dañado a nivel de la copa. La reforestación, también localizada en una pequeña superficie sufrió pérdida total.

El siguiente mapa incluye las áreas R descritas en este anexo, el cual se utilizó para la creación del mapa sobre el deterioro del Desierto de los Leones (7.4.1).

PARQUE NACIONAL DESIERTO DE LOS LEONES



Bibliografía anexo II

- CORENA (1998) Incendio forestal sucedido en el Parque Nacional Desierto de los Leones el día 6 de abril de 1998. Diagnóstico y acciones de atención. México. Abril de 1998.
- - - - - - (2002) Parque Nacional Desierto de los Leones. Dirección Ejecutiva de Conservación y Restauración de Recursos Naturales. México. Mayo de 2002.

Bibliografía anexo II

- CORENA (1998) Incendio forestal sucedido en el Parque Nacional Desierto de los Leones el día 6 de abril de 1998. Diagnóstico y acciones de atención. México. Abril de 1998.
- - - - - (2002) Parque Nacional Desierto de los Leones. Dirección Ejecutiva de Conservación y Restauración de Recursos Naturales. México. Mayo de 2002.

ANEXO III

FORMATO DE LEVANTAMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DEL DETERIORO AMBIENTAL

DATOS DEL SITIO DE MUESTREO

FECHA

NOMBRE DE QUIEN MUESTREO:

No. DE FOTOGRAFIA AEREA:

No. DE LEVANTAMIENTO

COORDENADAS:

UTM

GEOGRAFICAS

ALTITUD:

-msnm

NOMBRE DE SITIOS DE REFERENCIA (CIUDADES, MPIOs, PUEBLO, ETC.):

USO DE SUELO:

DATOS DEL TERRENO

HIDROLOGIA:

GEOFORMA 1 POSICION TOPOGRAFICA:

TIPO DE PENDIENTE: (RECTA) (CONCAVA) (CONVEXA) (IRREGULAR)

PENDIENTE: GRADOS;

EXPOSICION (N), (NE), (E), (SE), (S), (SO), (NO)

TIPO DE RELIEVE: (PLANO) (ONDULADO) (MONTAÑOSO) (MUY DISEÑADO)

EROSION				SUELO			
TIPO	NIVEL	AREA	INFILTRACION	COLOR	PROFUNDIDAD	CONSISTENCIA	FERTILIDAD %
NINGUNA	NULA 0	< 25 %					
LAMINAR	BAJA 1	35-50%	BUENO				
LINEAL	MEDIA 2	50-75%	MODERADO				
CARCAVA	ALTA 3	>75%	POBRE				

TIPO DE CUBIERTA VEGETAL					
ESTRATOS	A ▲	Cobertura (%)	Spp. DOMINANTES	-S Spp. INDICADORAS DE PERTURBACIÓN	%
HERBACEO					
ARBUSTIVO					
ARBOREO					
OBSERVACIONES:					

DATOS DE PERTURBACION DEL CUADRANTE

IMPACTO ANIMAL

TIPO		
PASTOREO		
COMPACTACION		

REFORESTACION

Sp	A	%	#

IMPACTO HUMANO

	TIPO	%
BASURA		
OTRO		

REGENERACION

Sp	A	%	#

TURISMO

DISTANCIA

UBICACIÓN

			MADERA EN DESCOMPOSICION	
CAMPAMENTO				
AREA RECREO			%	GRADO
OTRO				

IMPACTO POR MANEJO

OBSERVACIONES _____

TIPO	#	TAMAÑO	UBICACIÓN
BRECHA			
TERRACERIA			
ASFALTO			
CONDUCCION			
TRANSMISION			
PRESA			
CANAL			
TUBERIA			
CONTROL DEL RIO			
MODIFICACION FLUJO			
OTRO			

