



Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela Nacional de Estudios Profesionales
IZTACALA

Comunidades Liguénicas Epífitas en *Abies religiosa*
(H.B.K.) Cham. & Schl. como Indicadoras de Contaminación
Atmosférica en el "Parque Cultural y Recreativo Desierto
de los Leones".

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G O
P R E S E N T A :

María Teresa Cantoral Herrera

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Con respeto, agradecimiento y profundo amor a quienes, con su ejemplo, marcaron en mi vida el camino a seguir para la realización de las metas que he logrado alcanzar: Mi Padre y Mi Madre.

Con todo cariño y agradecimiento por sus enseñanzas a mis cinco hermanos: Ma. Antonieta, Roberto, Claudio, Amelia y Verónica, así como a mis tres cuñados, Roxana, Ma. del Carmen y José Antonio.

Para tí, con Amor

J. A.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco las facilidades proporcionadas por el Departamento de Conservación y Mejoramiento del Ambiente CYMA (UIICSE), y a su Director, Dr. Fermín Rivera A., para la utilización de los laboratorios a fin de lograr la realización de esta tesis, así como a la M. en C. Gloria Vilaclara i Fatjó, por la acertada dirección de la misma.

A la Q.B. Dolores Tirado S., Jefe del Laboratorio de Plantas y Suelos de la ENCB. (IPN), por la asesoría y facilidades proporcionadas.

Al M. en C. Raúl Muñiz Vélez, Jefe del Laboratorio de Entomología y Coordinador del Plan Integral de Investigación en el Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones, INIF.

Al Biólogo Ricardo Valenzuela Garza, Jefe del Herbario, Secc. de Micología, de la ENCB (IPN), y a la señorita Bióloga Elsa Avilés Mercado, por su asesoría en lo que a la identificación de las especies se refiere.

Al M. en C. Sergio González Moreno, Encargado del Laboratorio de Bioquímica de la Unidad de Morfofisiología, por la ayuda prestada, y especialmente al técnico José F. Aguirre Suárez, analizador responsable del aparato de absorción atómica y fotometría de flama de la misma Unidad.

Al Dr. Rafael Villalobos P., por la ayuda prestada y el empuje inicial para la realización de este trabajo.

Al Matemático Antonio Labastida M., por su ayuda para el análisis matemático de datos, así como a todo el personal de CYMA, especialmente a la Bióloga Elizabeth Ramírez F. y al Pasante de Biología Gabriel Martínez por su apoyo y experiencia para la realización del trabajo analítico.

Al Biólogo Angel Durán por su asesoría en el análisis estadístico.

A la M. en C. Beatriz Coutiño, por su ayuda para la correcta identificación final de las especies dudosas.

A todas aquellas personas que, de una u otra forma, colaboraron en la realización de este trabajo. Gracias.

A mis amigos, GRACIAS

"El ser o no ser nadie sino uno mismo
en un mundo que está haciendo lo mejor
que puede, noche y día, por convertirse
en todos los demás

Significa luchar la más dura batalla
que cualquier ser humano puede luchar
y nunca cesar de luchar"

E. E. Cummings

"Todas las cosas adquieren importancia
para nosotros en cuanto nos damos
cuenta que existen".

André Gide

I N D I C E

	Pag.
1. INTRODUCCION	
1.1 Antecedentes sobre la importancia de los líquenes a través de la historia y justificación de la investigación de sus comunidades como indicadoras de contaminación atmosférica en México.	1
1.2 Generalidades sobre la morfología y ecología de los líquenes.	4
1.3 Problemática de la contaminación atmosférica y su posible incidencia en el "Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones".	7
2. METAS Y OBJETIVOS	9
3. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	10
3.1 Localización geográfica de la zona	10
3.2 Clima, tipo de suelo y vegetación dominante	10
4. METODOLOGIA DE ESTUDIO	14
4.1 Selección de las zonas de estudio y muestreo	14
4.2 Identificación de especies liquénicas existentes y determinación de la frecuencia y cobertura de las mismas.	15
4.3 Determinación del contenido de plomo en los talos de los líquenes epífitos más abundantes, en las zonas de estudio.	16

5.	RESULTADOS	
5.1	Lista sistemática de las especies liquénicas epífitas encontradas en las zonas de estudio.	18
5.2	Cobertura de líquenes epífitos sobre corteza de <i>Abies religiosa</i> (H.B.K.) Cham. & Schl. en las zonas seleccionadas.	22
5.3	Concentraciones de plomo en el talo de las especies de líquenes epífitos más abundantes en las áreas de estudio.	23
6.	DISCUSION Y CONCLUSIONES	44
7.	RESUMEN	50
8.	BIBLIOGRAFIA	52
8.1	Referencias	52
8.2	Bibliografía general consultada, no citada en el texto.	56

1. INTRODUCCION

1.1.- Antecedentes sobre la importancia de los líquenes a través de la historia y justificación de la investigación de sus comunidades como indicadoras de contaminación atmosférica en México.

La primera mención escrita sobre el aprovechamiento de los líquenes por el hombre se encuentra en la Biblia, donde se narra el consumo del "manná" por parte del pueblo escogido, "manná" que se cree puede haber sido un conjunto de elementos entre los que se encuentran las especies líquénicas Lecanora affinis, L. esculenta, L. fruticulosa, y Cladonia rangiferina, las cuales son utilizadas hoy en día como alimento en algunas regiones áridas de Persia, siendo capaces de crecer incluso en el desierto del Sáhara (Moldenke & Moldenke, 1952).

Dando un salto en el tiempo, en la Edad Media surgió la denominada "Doctrina de las Marcas Externas", según la cual el aspecto de la planta evidenciaba el tipo de enfermedad que era capaz de curar. Posteriormente, incluso sabios de renombre como Paracelso (1493-1542), sostuvieron esta teoría al mencionar que los líquenes como la Pulmonárea, Sticta pulmonacea (Ach.) Vain. -liquen coriáceo con ampollas que le confiere aspecto de pulmón- curaba las afecciones pulmonares, y que el liquen conocido actualmente como Cetraria islandica (L.) Ach. -cuyo talo plano, muy ramificado y con lacinias espiniscentes de color aceitunado y sabor amargo, recuerda vagamente el sistema bronquial- servía como emoliente y expectorante (Herrera y Ruiz Ornoz, 1968).

Actualmente, la farmacopea conserva únicamente el liquen de islandia (la ya mencionada especie C. islandica (L.) Ach.) como medicinal, habiéndose encontrado que es una planta rica en mucílago, principalmente en liquenina (64 %) y en isoliquenina, así como ácido cetrárico, ácido

liquenoesterínico y ácido úsnico, de efectos antibióticos. Sus propiedades reconocidas serían las de actuar como tónico amargo, antivomitivo, aperitivo y béquico (Schauenberg y París, 1972). También se utiliza para hacer pan, una vez eliminado su sabor amargo, y como alimento para los renos en las regiones más septentrionales del planeta (Martínez, 1941).

En México, Usnea strigosa (Ach.) Eaton es empleada por los ejidatarios de los pueblos cercanos al Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones como infusión para el lavado y cuidado del cabello (ejidatario del Pueblo de Santa Rosa, com. pers.).

Además de su utilidad como alimento y planta medicinal, a finales del siglo XIX se hizo evidente que los líquenes podían servir como excelentes indicadores del grado de deterioro del aire que rodeaba los núcleos urbanos industriales. Nylander, el célebre botánico finlandés, escribía en 1866 que "a su manera", los líquenes dan una medida de salubridad del aire y constituyen un tipo de higrómetro muy sensible" (Le Blanc and Sloover, 1970). En esta época, los observadores simplemente constataban una declinación en la abundancia y buen estado de los líquenes epífitos a medida que se acercaban a los pueblos, atribuyéndolo en Inglaterra a los humos de las fábricas. Sernander (1912 y 1926, cit. en Gilbert, 1973) parece haber sido el primero que realizó un estudio crítico de la distribución de los líquenes alrededor de un pueblo: trabajando con epífitos en la región de Estocolmo, reconoció la existencia de una zona central denominada "desierto liquénico", una zona de "conflicto" (donde los líquenes cubrían hasta la mitad de la superficie de los troncos) y una zona normal exterior. Vaarna (1934 en Gilbert, 1973) trabajó en Helsinki y advirtió la necesidad de dividir la zona de "conflicto" o "tensión" en una zona interna de líquenes foliosos y una zona externa de líquenes fruticosos. Posteriormente, en toda Europa, América del Norte e incluso algunos países de Asia, se extendió la nueva ciencia de utilizar los líquenes como indicadores de contaminación atmosférica. En Europa: Dinamarca (Pilegaard, 1978), Finlandia (Takala and Olkkonen, 1981; Nygard

and Harju, 1983), Gran Bretaña (Gilbert, 1970; Henderson-Sellers and Seaward, 1979), Suiza (Folkeson, 1978 y 1984). En América del Norte: Canadá (Le Blanc et al., 1971; Lechowicz, 1982; Boileau et al. 1982), Estados Unidos (Nash III, 1971). En Asia: India (Le Blanc, 1973), Israel (Fuchs and Garty, 1983).

Es hasta 1982, cuando se publica una tesis de la ENEP Iztacala, UNAM, titulada "Los musgos epífitos y la contaminación atmosférica en el área urbana de la Ciudad de México" (Durán y Rivera, 1982), que se inicia en México la investigación del comportamiento de organismos como indicadores biológicos de la contaminación atmosférica en el área metropolitana.

Posteriormente, el catálogo de Centros e Instituciones de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico en México (1984), menciona la investigación "Los líquenes como indicadores de contaminación en el área de Mérida" de la Universidad de Yucatán; sin embargo, tras haber escrito y enviado a un emisario al Departamento de Botánica de la misma, nadie supo dar razón de la existencia de tal investigación.

Por todo lo anterior, se hace evidente la necesidad de iniciar seriamente este tipo de estudios en México y si, además, se toma en cuenta la crítica situación económica del País, que no permite la generalización del uso de equipos sofisticados y caros (tanto de compra como de uso) para la detección y medida de la contaminación atmosférica, quedan totalmente justificadas las investigaciones conducentes a la determinación del comportamiento indicador de las comunidades líquénicas autóctonas de México cuando son afectadas por grados y tipos diferentes de contaminación atmosférica.

1.2 Generalidades sobre la morfología y ecología de los líquenes.

A simple vista, un líquen parece un organismo con la unidad típica de cualquier otro organismo multicelular. Su estudio pertenece al área botánica de la Criptogamia, pero se diferencian ostensiblemente de grupos similares, como podrían ser los musgos, por cuanto que un estudio cuidadoso del talo liquénico revela que no es un organismo sino dos asociaciones en estrecha dependencia: un alga unicelular y los filamentos de un hongo. La simbiosis es tan fuerte que ambos organismos mezclan sus tejidos, pierden su identidad macroscópica propia y dan lugar a otro ser completo distinto de ellos mismos. Las algas que forman parte de los líquenes pertenecen a dos grandes clases: Cyanophyceae (Chroococcales como Chroococcus Nägeli y Gloeocapsa Kützing, o Homogonales como Stigonema Agardh y Nostoc Vaucher y Chlorophyceae (como la Tetrasporal Coccomyxa Schmidle, la Chaetoforal Trentepohlia Martius y la Chlorococcal Chlorella Beyerinck (Strasburger et al., 1974).

Por su parte, los hongos son casi exclusivamente Ascomycetes (Helotiales, a veces Esferiales) y Basidiomycetes (Teleforiales) en casos poco frecuentes (Hill et al., 1964). Muy raramente se encuentran viviendo libremente en la naturaleza las especies de hongos que aparecen en los líquenes, aunque sí se pueden cultivar experimentalmente en el laboratorio. En cambio, las especies algales viven libres y sin problemas en lugares suficientemente húmedos (Galán, 1984).

El aspecto y forma de los líquenes es muy variable. A groso modo se pueden distinguir dos grandes clases de organización interna. Un primer tipo muy simple -propio de especies muy dependientes de la humedad, incapaces de soportar condiciones de fuerte desecación y con un aspecto exterior gelatinoso y blando- es reconocible mediante microobservación porque no posee ningún tipo de estructura interna y los filamentos del hongo y las células del alga se mezclan sin ningún orden aparente. El segundo tipo es más complejo, se distingue una capa superior más dura y protectora formada por tejidos del hongo, una capa central

en que predomina el alga y otra inferior similar a la superior o provista de cortas raicillas que sirven para sujetar el liquen a las superficies en que viven (Galán, 1984). Estos últimos se dividen, de acuerdo con su morfología, en tres tipos: a) Crustáceos, íntimamente adheridos a la superficie de las rocas; b) Foliosos, con aspecto de láminas aplanadas semejando hojas, o formando pequeñas escamitas (variedad de foliosos denominados escumulosos), adheridos al substrato de forma laxa mediante algunas raicillas de anclaje, y c) Fruticulosos, de talo ramificado y sección tanto aplanada como cilíndrica, que viven colgando de la corteza de los árboles, sujetándose mediante un órgano de fijación basal que actúa de modo comparable a una ventosa.

Cualquiera de estos tres tipos morfológicos pueden presentar dos tipos de estructura muy particular: los isidios y los cefalodios. Los isidios parecen pequeñas vejiguitas en la superficie del liquen con la misma organización de éste; se cree que su función podría ser la de ampliar la superficie libre que recibe la luz del sol, aumentando así la eficiencia y rendimiento de la fotosíntesis. Los cefalodios semejan pequeños quistes que crecen tanto en el interior como en el exterior del talo y aparecen únicamente en aquellas especies cuyo componente algal pertenece a la clase Cyanophyceae; al principio se pensó que se trataba de elementos patógenos, tumoraciones que aparecían como manifestación de una enfermedad del liquen; hoy en día, sin embargo, los botánicos se inclinan más a opinar que se trata de adaptaciones para la obtención y asimilación del nitrógeno atmosférico, capacidad que se presenta e cianofitas pero no en clorofitas (Galán, *op. cit.*)

La reproducción de los líquenes se lleva a cabo por dos vías; la asexual, por simple fragmentación o por aberturas en la superficie del liquen (soracios) que liberan pequeñas masas de hongo con células de alga; las cuales crecen al encontrar un lugar adecuado y dan origen a un nuevo ejemplar del liquen. La sexual involucra únicamente al hongo, el cual produce las estructuras reproductivas propias del grupo al que pertenecen, apotecios en los ascomicetos y basidios en los basidiomicetos;

las esporas producidas son expelidas sin células algales, por lo que al germinar deberán encontrar un alga a corto plazo para poder formar el liquen o, en su defecto, morir.

El consorcio formado por el alga y el hongo proporciona beneficios a ambos, aunque queda indeterminado qué parte resulta más beneficiada por la otra. El hongo del liquen es la parte activa que, como hemos visto, da forma al conjunto y proporciona al alga un medio nutritivo adecuado; el alga produce compuestos orgánicos que aprovecha el hongo, y ambos intercambian factores de crecimiento (vitaminas, hormonas) (Braun-Blanquet, 1979).

Los líquenes no gelatinosos tienen la capacidad de subsistir en fase de reposo durante períodos de sequía, incluso de años de duración, llegando algunos a la desecación total. Otros son capaces de resistir temperaturas de hasta 190°C (Galán, 1984), volviendo a la actividad vegetativa bajo condiciones apropiadas de temperatura y humedad.

La ausencia o fuerte reducción de la cutícula en los líquenes permite el acceso directo de los iones al interior de las células del talo por intercambio a través de las paredes celulares. Además, los líquenes poseen un gran poder de acumulación, propiedad ligada a la abundancia de espacios intercelulares de la médula que está formada por las hifas de los hongos, los cuales se distribuyen de forma laxa en un medio mucilaginoso (Méndez y Fournier, 1980).

Por último, la habilidad competitiva de una población líquénica en un habitat se relaciona con las tasas de establecimiento inherente en la población líquénica individual y con el nivel de tolerancia mostrado por la población a varios tipos de disturbios. Dado que muchas especies de líquenes son de vida larga y muestran un amplio rango de tolerancia hacia presiones ambientales y las causadas por el hombre, a menudo sirven como indicadores de calidad ambiental (Déruelle, 1983).

1.3 Problemática de la contaminación atmosférica y su posible incidencia en el "Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones".

La contaminación atmosférica se ha definido como la impurificación de la atmósfera por inyección y permanencia temporal en ella de materias gaseosas, líquidas o sólidas, ajenas a su composición normal o en proporción claramente superior a la de aquélla. Estas sustancias no son necesariamente tóxicas, nocivas o irritantes, ni son siempre de origen antropogénico. La erosión de la superficie terrestre por el viento, el transporte de polen, los incendios forestales o las erupciones volcánicas son ejemplo de contaminación atmosférica natural. Sin embargo, cuando se habla de contaminación atmosférica se piensa casi automáticamente en la producida por el hombre (Puigcerver, 1979), y es a la que nos vamos a ceñir para discutir su posible incidencia en la degradación de la vegetación del Parque.

El Valle de México es una zona superpoblada y de gran densidad industrial, con características topográficas tan particulares que hacen que la atmósfera -aparentemente de dimensiones infinitas- cierre en realidad el Valle y lo convierta en una caja cerrada rodeada de montañas (entre ellas el "Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones"), con un techo invisible -la llamada capa de inversión- que forma una tapadera impenetrable para el escape de los gases contaminantes que se producen en superficie (Velasco, 1983). Si a esto añadimos la tendencia NE-SW que presenta la dirección de los vientos (Velasco, *op. cit.*), que la mayor producción de contaminantes atmosféricos se da en la zona norte y que el Desierto de los Leones cierra el Valle por su parte SO, se presume que los contaminantes atmosféricos deben ser un factor importante sumativo a los ya detectados (plagas como la del gusano descortezador, parásitos vegetales como el muérdago y enfermedades varias causadas por hongos, así como -últimamente- la tala indiscriminada de amplias zonas de arbolado (INIF, 1984)) como causantes del grave deterioro de la vegetación boscosa autóctona del Parque. Es más, parásitos y en

fermedades como las citadas no podrían dañar zonas tan amplias de vegetación si ésta no se encontrara previamente debilitada por alguna otra causa primaria; se podría comparar con la dispersión de enfermedades contagiosas en humanos con un cuadro de defensas inmunológicas debilitadas por causas variadas, como podrían ser un déficit nutricional o un stress nervioso, etc. En el caso del estrato arbóreo del Parque, se han manejado dos factores como posibles causas de debilitamiento de los individuos y sucesiva infección por plagas y enfermedades: estos factores desencadenantes podrían ser la falta de nutrientes por empobrecimiento del suelo y la contaminación atmosférica (INIF, 1984). No se han llevado a cabo estudios exhaustivos que permitan demostrar el grado de importancia atribuible a ambos factores. En el caso de la contaminación atmosférica, la investigación ideal incluiría muestradores de contaminantes atmosféricos y de datos climatológicos, así como análisis de laboratorio, todo lo cual requeriría de un importante desembolso económico. Por ello, se escogió un método de estudio basado en la comparación de líquenes epífitos en zonas de difícil acceso, con vegetación deteriorada y vegetación en mejor estado, con todos los parámetros ecológicos observables semejantes, excepto por la diferente protección al efecto directo de los vientos procedentes de la ciudad (más expuestas las zonas deterioradas, más protegidas las mejor conservadas). Diferencias en la distribución de las especies líquénicas y en la concentración de plomo en sus talos podrían arrojar luz, de forma indirecta, sobre la importancia de la contaminación atmosférica en el grado de deterioro de la vegetación en el Parque.

2. METAS Y OBJETIVOS

METAS:

- Localizar cuatro zonas de estudio adecuadas a los objetivos, de difícil acceso y sin señales de tala de árboles. Comparables desde el punto de vista ecológico, excepto por el grado de deterioro de su vegetación y de exposición a la contaminación atmosférica procedente de la ciudad de México.
- Determinar la frecuencia y cobertura de los líquenes epífitos sobre Abies religiosa (H.B.K.) Cham. & Schl. en las zonas de estudio.
- Medir el contenido de plomo en $\mu\text{g/g}$ de peso seco de talo liquénico para las especies epífitas sobre Abies religiosa que presenten una mayor cobertura y frecuencia en las zonas de estudio, así como una mayor facilidad para la recolecta (talos no excesivamente adheridos al sustrato).

OBJETIVOS:

- Comparar las zonas de vegetación más deterioradas y menos deterioradas, mediante las comunidades liquénicas epífitas sobre Abies religiosa a fin de evaluar indirectamente el posible efecto de la contaminación atmosférica.
- Por extensión, contribuir al esclarecimiento -mediante las conclusiones de este trabajo- de si la contaminación atmosférica es o no factor importante en el daño observado en el bosque del "Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones".
- Iniciar los estudios bioecológicos conducentes al esclarecimiento del comportamiento de las comunidades liquénicas del Valle de México en relación con los niveles de contaminación atmosférica.

3. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

3.1 Localización geográfica de la zona.

El "Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones" se localiza al Suroeste del Distrito Federal y pertenece a la unidad geomorfológica Sierra de las Cruces, que forma parte del sistema montañoso denominado Eje Neovolcánico Transversal. Geográficamente, se sitúa entre las coordenadas 19°20'08" y 19°15'40" latitud Norte, y 99°17'45" y 99°20'00" longitud Oeste del meridiano de Greenwich. Políticamente, la mayor parte occidental queda incluida en la Delegación Cuajimalpa, mientras que el área oriental restante pertenece a la Delegación Alvaro Obregón (Melo, 1978).

En términos generales, el Desierto de los Leones tiene forma poligonal alargada, cuyo eje mayor sigue rumbo Noroeste y abarca -según datos oficiales- una superficie total de 1529 Ha (SRA, 1983). El terreno donde se localiza el Parque consta de dos ramales montañosos que parten del Cerro de San Miguel: uno de ellos va hacia el Noroeste (formado por los Cerros Pretorios, Ixtlahuatongo, Santo Domingo y la Forestal) y el otro hacia el Noreste (formado por el Cerro Cruz de Colica y otros, localizados fuera de los límites del Parque) (INIF, 1983); ambos ramales se encuentran separados por una cañada recorrida por el Río San Borja. La altitud del Parque oscila entre 2600 y 3775 m.s.n.m., cota en la que se localiza el punto más alto y que corresponde al Cerro de San Miguel. La altitud promedio es de 3250 m.s.n.m. (COCODA, 1985) (Fig. Nº 1).

3.2 Clima, tipo de suelo y vegetación dominante.

El "Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones" posee un tipo de clima templado, sub-húmedo con lluvias en verano, C(W)₂(W)(b)ig (García, 1973), es decir, el clima más húmedo de los sub-húmedos con

régimen de lluvias de verano y un bajo porcentaje de lluvia invernal. En términos generales, el Parque está sujeto a una marcha anual de temperatura no extremosa, ya que entre el mes más frío (Enero, 8.2°C) y el más caliente (Mayo, 12.7°C), la fluctuación es de únicamente 4.5°C (Melo, 1978).

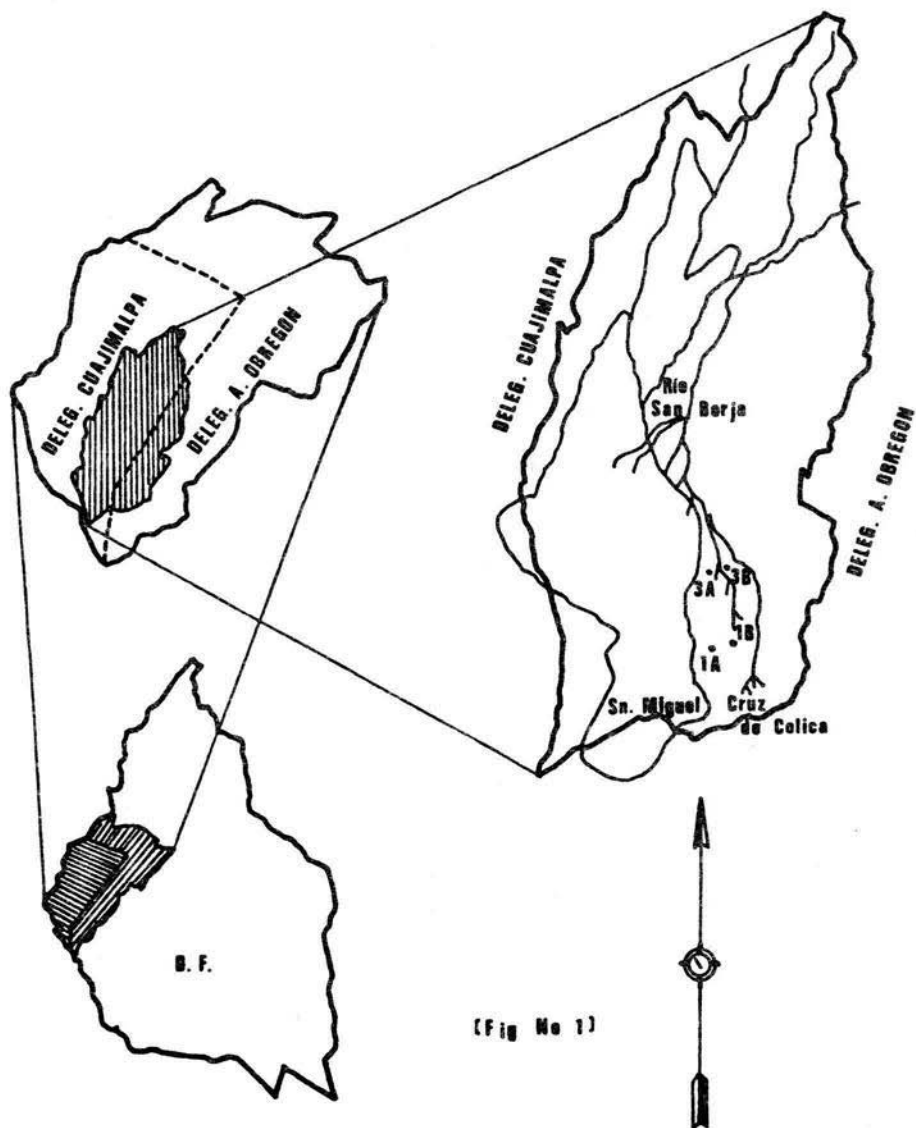
La génesis geológica de la roca madre del suelo del Parque tiene su origen en el Cenozoico, en el periodo Terciario Superior (Mioplioceno o Neogeno), época caracterizada por una actividad volcánica intensa. En cuanto a la geología, está constituido por emisiones de rocas volcánicas extrusivas de andesitas y piroclásticos. Los suelos son arenosos-arcillosos, arenosos-limosos y arcillosos-limosos, con buen drenaje superficial, permanecen húmedos todo el año, son profundos y ricos en materia orgánica (COCODA, 1985).

La comunidad vegetal típica en el Desierto de los Leones se ve dominada por el Oyamel, Abies religiosa, el cual está acompañado por un estrato arbóreo y arbustivo formado por Quercus laurina, Arbutus xalapensis, Baccharis conferta, Senecio angulifolius, etc.; el estrato herbáceo presenta más frecuentemente Alchemilla procumbens, Acaena elongata, Cheilanthes lendigera, Adiantum poiretti, etc. Debido a su alta humedad, el substrato se encuentra cubierto de briofitas, entre las que destacan Nechera clorocaulis, Zygodon obtusifolium y otras. La comunidad de oyamel, es pues, la dominante entre los 2500 y los 3500 m de altura, abarcando casi el 40 % de la cobertura vegetal del Desierto (Río de la Loza, 1952). Por orden de importancia, sigue el pinar con sus diversas especies (Pinus patula, P. montezumae y P. leiophylla), el cedro y el encino (Quercus laurina, Q. mexicana y Q. microphylla). A partir de los 3600 m de altitud encontramos el Pinus hartwegii; que constituye la última vegetación leñosa en las regiones tropicales elevadas de América, en donde privan ya condiciones físicas extremadas (Río de la Loza, *op. cit.*). La comunidad vegetal típica mencionada presenta grados diversos de perturbación indicados por una mayor abundancia de Senecio angulifolius, Acaena elongata (López y Serrano, 1984).

En 1982 se inició la reforestación de las zonas taladas con Pinus radiata, especie introducida de crecimiento rápido pero de mala adaptación al hábitat del Parque. Afortunadamente, la Comisión Coordinadora para el Desarrollo Agropecuario (COCODA), del D.D.F., revocó la orden de reforestación con esta especie a mediados de 1984 y actualmente se está llevando a cabo el saneamiento del Bosque, talando los árboles dañados sin tocar los que se encuentran en buenas condiciones, para una posterior reforestación con árboles autóctonos del Parque.

En 1984, Trigo et al., realizaron un estudio sobre los diversos grados de perturbación por alturas en la vegetación de Abies religiosa del Desierto, y detectaron una franja entre los 3310 y 3590 msnm, orientada al NW, donde el oyamel presentaba notorios signos de deterioro, por lo cual apuntaron que ésta era una zona de clara perturbación por causas desconocidas.

ESQUEMA DE LOCALIZACION DEL PARQUE RECREATIVO Y CULTURAL
DESIERTO DE LOS LEONES Y SITIOS DE MUESTREO



4. METODOLOGIA DE ESTUDIO

4.1 Selección de las zonas de estudio y muestreo.

Se realizó un estudio prospectivo en compañía del grupo de investigadores que integran el Plan Integral de Investigación Desierto de los Leones. Tras cuatro visitas generales al Desierto, se escogió -entre las cotas de altura donde Trigo et al. (1984) detectaron la zona de perturbación por causas desconocidas- una franja orientada predominantemente al NW, con cuatro de las catorce zonas investigadas por el grupo, con el fin de realizar el estudio comparativo del estado de la vegetación liquénica epífita sobre Abies religiosa. Dos zonas, la "1A" y la "1B", se encuentran a 3490 msnm, mientras que la "3A" y la "3B" tienen una altitud de 3360 msnm. En las cuatro zonas hallamos comunidades de Abies religiosa; a mayor altura (3490 msnm) se hace proporcionalmente más abundante Pinus hartwegii y el pastizal, mientras que a menor altura (3350 msnm) abunda Acaena elongata y Senecio spp. Los lugares "A" presentan una exposición de zonas dominantes al NE y los lugares "B" al NW, presentándose una mayor cantidad de renuevo en los lugares "B" que en los "A", así como mayor cantidad de A. elongata y Senecio spp. en los sitios "B". En resumen, entre las zonas escogidas existe sólo el antecedente de una revisión cualitativa de la vegetación herbácea y arbórea, habiéndose encontrado que el número de herbáceas rebasa los límites comunes para el Parque y que el número de árboles dañados es superior en exposición NW, todo lo cual indica una mayor degradación de la cobertura vegetal en la franja "B" que en la "A". En el cuadro N° 1 se observan las características comparadas de las cuatro zonas:

CUADRO N° 1

CARACTER	Z O N A			
	1A	1B	3A	3B
Metros sobre el nivel del mar	3490	3490	3360	3360
Exposición de zona	50°NE	40°NW	75°NE	35°NW
Dirección	20°NE	10°NE	10°NE	68°NE
Pendiente	28 %	24 %	35 %	30 %

Se procuró pues, que a la misma altura y orientación aproximada las características ecológicas se mantuvieran constantes excepto para el grado de deterioro de la vegetación. Se debe de remarcar que las cuatro zonas son de difícil acceso andando o en coche y que no se llevó a cabo ninguna tarea de tala en las inmediaciones durante los muestreos, ni se observaron trazas de que se hubiera realizado en tiempos pasados.

4.2 Identificación de especies líquénicas existentes y determinación de la frecuencia y cobertura de las mismas.

El material se estudió siguiendo los lineamientos establecidos en liquenología (Dávalos de Guzmán *et al.*, 1972). Se observó la forma, estructura y color del talo, tipo de superficie, existencia de soredios, isidios, cilios y ricinas, tipo de apotecios, estructura y medida de las esporas, tipo de sustrato y reacciones químicas con KOH (al 5 %, reacción que se denomina K), parafenilendiamina (5 ó 10 %) en solución alcohólica (reacción P) y solución saturada de CaClO^- (reacción C), así como la reacción cruzada de KOH con hipoclorito de calcio (reacción K-C). Todo el material citado en el texto está depositado en el Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, así como en el de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala.

La observación de líquenes cortícolas en las cuatro zonas se cuantificó únicamente sobre Abies religiosa por considerarse que un cambio en la especie arbórea podía provocar heterogeneidad en los datos, puesto que la corteza de los árboles es más ácida o más básica dependiendo de la especie y, por lo mismo, facilita en diferente grado la fijación de los líquenes.

Dentro de cada zona se escogieron cuatro oyameles de 50 cm de diámetro aproximadamente, en los cuales se observó, con un intervalo mensual y durante un año, la evolución de la cobertura de los líquenes epífitos; para ello, se construyó un marco de madera rectangular de 50 cm de largo por 20 cm de ancho (total 1000 cm²), que se elaboró con alambre formando una malla con orificios de 2 cm². El extremo superior de la malla se colocó permanentemente en la cara orientada al norte, a una altura constante de 1.50 m aproximadamente, cuantificándose las comunidades existentes mediante el conteo de especie por especie para evitar errores, considerando como cero aquellas intersecciones de especies donde difícilmente se distinguía el término de una y el principio de otra.

4.3 Determinación del contenido de plomo en los talos de líquenes epífitos de las especies más abundantes en las zonas de estudio.

Se tomaron cantidades de talo liquénico de las especies más abundantes y frecuentes en las cuatro zonas, recolectadas éstas de la parte inferior del tronco de los mismos oyameles donde se midió cobertura, con el fin de analizar su contenido de plomo, refiriéndolo a peso seco ($\mu\text{g Pb/g}$ de peso seco). Los valores testigo se obtuvieron de Parmotrema arnoldi y Usnea strigosa muestreadas sobre Abies religiosa en los alrededores de Tlamacas, Parque Ixta-Popo, donde la flora liquénica epífita mostraba un desarrollo óptimo (100 % de cobertura de la corteza) y donde presumiblemente no llegaba ningún tipo importante de contaminación atmosférica. Ramalina farinacea no se presentó en Tlamacas, probablemente debido a la excesiva altura sobre el nivel del mar (4000 m.s.n.m.).

La determinación del grado de humedad para obtener -por diferencia- el peso seco, se llevó a cabo mediante el método gravimétrico de pérdida de peso por calentamiento (100-110°C)(Tirado, 1976). Para ello, en un pesafiltros (Pyrex) se colocaron aproximadamente 0.5 g de P. arnoldi (DR.) Hale, U. strigosa (Ach.) Eaton, R. farinacea (L.)(Ach) respectivamente y se pesaron en una balanza analítica (Mettler H-6). Posteriormente, se sometieron a una temperatura entre 100 y 110°C en una estufa (Carlo Erba Uniterm) hasta alcanzar pesos constantes. La diferencia del peso inicial y final dió la humedad del talo.

A fin de obtener el extracto para la determinación de plomo, se siguió el método de las cenizas húmedas con ácido nítrico y perclórico (Ulrich et al., 1967): se pesaron cantidades constantes de las tres especies analizadas, que oscilaron entre 1.1 - 1.9 g, los cuales se introducían en matraces microkjhiendal KLMAX de 100 ml y se les agregaba 10 ml de ácido nítrico y 2 ml de ácido perclórico. La mezcla se procesaba en un digestor Microkjhiendal (Labconco), hasta lograr que el contenido se volviera claro. La solución se filtraba entonces con filtros Whatman Nº 40 y se aforaba de nuevo a 100 ml con agua destilada. La solución se guardaba en frascos de polietileno, para posterior lectura de cada muestra en un aparato de absorción atómica (Pye Unicam mod, sp 112) a una longitud de onda de 283.3 mm. (Técnica 303 del Standar Methods, 1981).

RESULTADOS

5.1 Lista sistemática y discusión de las especies liquénicas epífitas encontradas en las zonas de estudio.

Siguiendo la clasificación sistemática de Alexopoulos (1979) y Hale, (1969, 1975), las once especies de líquenes epífitos encontradas sobre Abies religiosa en las cuatro zonas de estudio pertenecen a cuatro familias -Parmeliaceae, Usneaceae, Ramalinaceae y Cladoniaceae- del Suborden Lecanorinae, Orden Lecanorales, Subclase Ascomycetidae, Clase Ascomycetae, Subdivisión Hymenoascolichens, División Ascolichens y Reino Mycetozoa (Fungi).

Ordenándolo alfabéticamente por familia y anotando las características sobresalientes de algunas de ellas, las especies se distribuyen como sigue:

FAMILIA PARMELIACEAE

Hypotrachyna revoluta (FLK.) Hale

El género Hypotrachyna se creó como parte de las especies del género Parmelia. Esta especie se caracteriza por presentar lóbulos truncados y angostos apicalmente, superficie inferior negra, y ricinas dicotómicas (Hale, 1975).

Se presentó con frecuencia más o menos homogénea en las cuatro zonas, en poca abundancia. El mayor porcentaje de cobertura se presentó en Diciembre con 6.8 % y el menor en Julio, 5.0 %*

* Los porcentajes de cobertura se obtuvieron dividiendo el promedio de cobertura por especie entre 1000 cm² (superficie del marco de muestreo).

Parmelia hypoleucites Nyl.

Esta especie crece en cortezas tanto en bosques tropicales deciduos y matorrales áridos como en bosques de coníferas; Médula C+, rojo; KC rojo (Dávalos de Guzmán, et al., 1972). En el Parque se encuentra una forma con la cara superficial más o menos lisa y flojamente adherida al subtrato. Resultó una especie más frecuente y abundante en las zonas "3" (3360 msnm). El mayor porcentaje de cobertura se presentó en Marzo con un 9.2 % y el menor en Abril con 3.0 %.

Parmelia subrudecta Nyl.

Esta especie presenta un talo folioso, lobulado, gris verdoso, con soledios de tipo laminar, a veces también de tipo marginal y con pseudo-cifelas. Se desarrolla típicamente sobre cortezas de bosque de coníferas Dávalos de Guzmán, (op. cit.). Una especie poco abundante y presente únicamente en las zonas "3". El mayor porcentaje de cobertura se presentó en Agosto de 1984 y Enero de 1985, con 4.8 %, no presentándose en Sep., Oct., Dic., Feb., Mar., Abr., ni en Julio.

Parmotrema arnoldi (DR.) Hale.

Talo gris claro, soledios submarginales, la superficie inferior es negra, cilios a lo largo de los márgenes, apotecios ausentes. Médula K- (Hale, 1969). Esta especie tuvo una distribución homogénea y frecuente en las cuatro zonas. El mayor porcentaje de cobertura se presentó en Abril, con 12.8 % y el menor en Septiembre, con 8.5 %.

Parmotrema perlatum (Huds.) Choisy.

Talo gris mineral, márgenes del talo cortos y ciliados, la superficie inferior negra, apotecios ausentes. Médula K+. Esta especie es frecuentemente confundida con P. arnoldi, diferenciándose únicamente en la reacción K de la médula (Hale, 1969).

La especie se distribuyó de forma frecuente, siendo menos abundante en las zonas "1" (3490 msnm). El mayor porcentaje de cobertura se dió en Septiembre, con 1.2 %, no presentándose de Marzo a Julio.

Pseudoparmelia caperata (L.) Hale (= Parmelia caperata (L.) Ach.)

Especie común sobre cortezas o musgos, en bosques de coníferas y de encinos, de color verde claro, talo folioso, con lóbulos anchos y márgenes cortadas, café amarillento, soredios laminares (Dávalos de Guzmán, op.cit.). Presente únicamente en las zonas "3", especialmente en el "A". El mayor porcentaje se presentó de Septiembre a Enero, 0.5 %, no presentándose de Abril a Junio.

Pseudoevernia consocians (Vain.) Hale & Culb.

Especie muy semejante a P. intensa, de la cual se diferencia por tener isidios, carecer de apotecios y presentar lacinias más angostas. Las reacciones químicas son iguales a las de P. intensa. De hecho se considera como la fase isidiada de esta especie (Dávalos de Guzmán, op. cit.). Rara en las cuatro zonas; el mayor porcentaje se presentó en Abril, 4.3 %, no presentándose de Agosto a Febrero.

Pseudovernia intensa (Nyl.) Hale & Culb.

Talo gris mineral claro, comúnmente con picnidios negros y apotecios, con lóbulos en forma de bandas ramificadas y bordes doblados hacia abajo (Hale, 1969). Se distribuyó de forma homogénea en las cuatro zonas. El mayor porcentaje se presentó en Octubre, con 5.3 %, faltando en Mayo.

FAMILIA RAMALINACEAE

Ramalina farinacea (L.) Ach.

Talo amarillento verdoso, apotecios muy raros, especie fruticosa. Habita predominantemente en troncos de árbol (Hale, 1969). Especie más abundante en las zonas "3". El mayor porcentaje se presentó en Octubre, con 6.9 %, y el menor en Mayo con 2.7 %.

FAMILIA USNEACEAE

Usnea strigosa (Ach.) Eaton.

Es una especie fruticosa, de talo gris amarillento moderadamente papilado, apotecios comunes, médula K- (Hale, 1969), que se encuentra en cantidad más abundante en las zonas altas (3490 m.s.n.m.) decreciendo en cantidad a medida que se descende. El mayor porcentaje de cobertura se presentó en Noviembre, con 2.7 %, y el menor en Mayo con 0.9 %.

FAMILIA CLADONIACEAE

Cladonia coniocraeae (Florke) Spreng.

Escuámulos primarios persistentes, gris claro, picnidios comunes, apotecios raros, podocios en punta irregulares (Thomson, 1967). Su distribución es más o menos homogénea en las cuatro zonas. El mayor porcentaje de cobertura se presenta en Julio, con 3.5 %, y el menor en Agosto de 1.4 %.

5.2 Cobertura de líquenes epífitos sobre corteza de Abies religiosa en las zonas seleccionadas.

Los resultados de cobertura en tanto por ciento promedio por especie y por suma total de especies por árbol, desde Agosto de 1984 hasta Julio de 1985, se resume en las tablas Nº 1 y 2, para las cuatro zonas estudiadas. Asimismo, en las gráficas Nº 1 y 1a se observa la variación de la suma total de cobertura en tanto por ciento para las cuatro zonas, y en las gráficas 2, 3, 3a y 4 para las tres especies analizadas (contenido de Pb), observándose una clara tendencia a presentar mayores índices de cobertura en las zonas "A" (en buen estado), que en las zonas "B" (mal estado).

Se realizó un análisis de varianza o ANOVA simple (Steel and Torne, 1985) con los datos de cobertura total de líquenes para los doce meses estudiados, con el fin de comparar las cuatro zonas y demostrar si las diferencias entre zonas en buen estado y zonas en mal estado son significativas. Se encontró que sí existen diferencias significativas ($P < .005$) entre las zonas. Debido a esto, fué necesario realizar la prueba de comparaciones múltiples de "Tukey" (Steel y Torne, 1985), a fin de determinar entre qué zonas existen tales diferencias. Los resultados de este

análisis se muestran en el siguiente cuadro:

ZONAS	3B	1B	1A	3A
Promedio de cobertura	50.5	67.10	85.45	117.66
3B	--	16.6*	36.95**	67.16**
1B		--	20.35*	50.5*
1A			--	30.21**
3A				--

* Diferencias no significativas

** Diferencias significativas

De este análisis se observó que entre la zona "3B" (3360m.s.n.m. orientación NW) y la zona "1B" (3490 m.s.n.m. orientación NW) no se presentan diferencias significativas; ni tampoco entre las zonas "1B" y "1A" (3490 m.s.n.m. orientación NE). Por el contrario, se presentaron diferencias significativas entre las zonas "1A" y "3A", y "3A" y "3B".

5.3 Concentraciones de plomo en el talo de las especies de líquenes epífitos más abundantes en las áreas de estudio.

Los resultados en $\mu\text{g Pb/g}$ de peso seco de talo líquénico en las cuatro zonas, en el período de Agosto de 1984 a Julio de 1985, se observan en la tabla N^o 3. A continuación, se presenta el resumen de los resultados, tomando en cuenta el rango (R) de valores obtenidos, la media (X) y la mediana (M):

CUADRO N° 3

ESTADO	ESPECIE	<u>Parmotrema arnoldi</u>			<u>Usnea strigosa</u>			<u>Ramalina farinacea</u>		
		R	\bar{X}	M	R	\bar{X}	M	R	\bar{X}	M
	DE LA									
	ZONA									
		3360								
ZONAS BUEN ESTADO	"3A"	9-59	26	20	-	-	-	10-1146	139	47
	3490									
	"1A"	29-78	64	64	25-84	54	52	-	-	-
	3360									
ZONAS DETERIORADAS	"3B"	8-49	77	34	-	-	-	12-59	28	24
	3490									
	"1B"	58-89	113	103	43-141	91	93	-	-	-
VALORES										
TESTIGO										
TLAMACAS										
ESTADO DE										
MEXICO			13			21			-	

En las gráficas N° 5, 5A, 6, 6A, 7 y 7A, se observa el comportamiento del contenido en plomo por especie analizada, comparando las zonas "A" (buen estado) y las "B" (mal estado).

Se presentan dos valores disparados de concentración de plomo para P. arnoldi en julio de 1985 en la zona "3B" (490 µg Pb/g peso seco). Al realizar el diagrama tallo y hoja (Curds, 1984), se observa:

Parmotrema arnoldi

3A	3B
1 9	0 8
1 0 2 <u>3</u> 3 3 7	1 3 3
2 4 9	2 1 1
3 6	3 2 6
4 3 9	4 7
5 9	5 3
	6 7
	7 5 6
	. .
	. .
	. .
	4 9 9

(Valor testigo subrayado)

Ramalina farinacea

3A	3B
1 0 7	1 2 4
2 0	2 0 0 2 3 5 6
3 9	3 6 6
4 0 4	4 2
5 0	5 9
6 4	
7 5	
8 2 4	
. .	
. .	
. .	
. .	
. .	
. .	
. .	
1 1 4 6	

(Unidad 2: 1)

Queda claro que ambos datos no pertenecen al conjunto de los demás números obtenidos. Sin embargo, el análisis se repitió dos veces y los resultados dieron de forma consistente un mismo resultado elevado. Desafortunadamente, sólo contamos con doce datos para cada serie; sería interesante realizar un estudio a largo plazo (lo cual se salía de los propósitos y necesidades generales de esta tesis) para ver si se repiten o no estos comportamientos anómalos esporádicos.

En general, se observa una tendencia a presentar menores concentraciones en las zonas "A" (buen estado) que en las zonas "B" (mal estado), presentando asimismo éstas una mayor dispersión de datos respecto de las

zonas en buen estado. R. farinacea, no obstante, evidencia un comportamiento extraño: mayor dispersión de valores y superior concentración promedio (ver gráfica Nº 7) en las zonas en buen estado que las de mal estado, justo al revés de lo esperado por el comportamiento general de las zonas y por las concentraciones de plomo de las otras dos especies analizadas. No se ha encontrado explicación plausible para este comportamiento anómalo; sin embargo, Hawksworth (1981) menciona que ésta es una especie de reacciones mal conocidas hacia los efectos de la contaminación.

T A B L A N° 1

P R O M E D I O D E C O B E R T U R A E N % D E

L I Q U E N E S E P I F I T O S S O B R E Abies religiosa

F E C H A	AGOSTO 84				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO 85			
	1A	1B	3A	3B	1A	1B	3A	3B	1A	1B	3A	3B	1A	1B	3A	3B	1A	1B	3A	3B	1A	1B	3A	3B
ESPECIE																								
T O T A L %	8.8	5.7	13.2	8.6	9.2	7.2	13.3	5.0	10	8.7	4.6	5.8	9.1	9	17.9	5	12.4	7.8	17.2	4.5	9.3	12.1	14.6	3.7
<u>Hypotrachyna</u>																								
<u>revoluta</u>	1.0	2.6	1.3	-	0.8	2.9	1.5	-	1.3	3.2	1.8	-	1.0	4.0	1.7	-	1.6	3.5	1.7	-	1.2	3.3	0.8	-
<u>Parmotrema</u>																								
<u>arnoldi</u>	1.5	-	5.6	1.5	1.7	-	5.8	1.0	1.8	-	6.2	1.3	1.9	-	6.2	2.5	2.0	-	6.4	2.2	1.8	-	6.0	1.9
<u>Pseudovernia</u>																								
<u>intensa</u>	2.8	0.5	0.3	1.0	2.8	0.8	0.3	0.8	3.0	0.9	0.4	1.0	2.8	0.8	0.4	1.1	3.2	0.4	0.4	1.1	2.8	0.8	0.4	0.9
<u>Pseudovernia</u>																								
<u>consocians</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Parmotrema</u>																								
<u>perlatum</u>	1.0	-	-	-	1.2	-	-	-	1.0	-	-	-	1.0	-	-	-	1.1	-	-	-	1.0	-	-	-
<u>Parmelia</u>																								
<u>hypoleucites</u>	-	0.5	4.2	-	-	0.6	3.9	-	-	0.8	4.0	-	-	0.9	4.7	-	-	0.7	6.0	-	-	0.4	5.1	-
<u>Parmelia</u>																								
<u>subrudecta</u>	-	-	-	4.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.3	-	-	-	-	-	-	4.8	-	-
<u>Pseudoparmelia</u>																								
<u>caperata</u>	-	-	0.4	-	-	-	0.5	-	-	-	0.5	-	-	-	0.5	-	-	-	0.5	-	-	-	0.5	-
<u>Usnea</u>																								
<u>strigosa</u>	1.2	0.9	-	-	1.2	1.1	-	-	1.3	1.4	-	-	1.3	1.4	-	-	1.4	1.1	-	-	1.3	0.9	-	-
<u>Ramalina</u>																								
<u>farinacea</u>	0.7	0.4	1.4	1.3	0.8	0.6	1.3	3.2	0.8	0.9	1.7	3.5	0.5	0.4	2.1	1.4	2.4	0.6	2.2	1.2	0.7	0.5	1.8	0.9
<u>Cladonia</u>																								
<u>coniocraeae</u>	0.6	0.8	-	-	0.7	1.2	-	-	0.8	1.5	-	-	0.6	1.5	-	-	0.7	1.5	-	-	0.5	1.4	-	-

CONTINUACION

T A B L A N° 1

PROMEDIO DE COBERTURA EN % DE LIQUENES

EPIFITOS, SOBRE Abies religiosa

F E C H A Z O N A ESPECIE	FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO			
	1 A	1 B	3 A	3 B	1A	1 B	3A	3B	1A	1B	3A	3 B	1a	1B	3 A	3 B	1B	1B	3A	3 B	1 A	1 B	3 A	3B
<u>Hypotrachyna</u>																								
<u>revoluta</u>	1.1	2.9	1.1	-	1.1	2.1	0.9	0.1	0.9	1.4	0.5	0.1	0.8	1.2	0.3	-	-	-	0.6	0.2	-	-	0.2	0.3
<u>Parmotrema</u>																								
<u>arnoldi</u>	1.8	-	5.4	1.7	1.6	0.5	5.0	2.6	2.3	1.1	5.7	3.7	3.0	1.0	4.7	3.0	2.8	0.8	4.5	2.7	2.5	0.1	5.1	1.7
<u>Pseudovernia</u>																								
<u>intensa</u>	3.1	0.6	0.4	0.7	2.6	-	0.3	0.3	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	-	0.2	-
<u>Pseudovernia</u>																								
<u>consocians</u>	-	-	-	-	0.4	-	-	-	3.7	-	0.6	-	-	-	0.6	-	0.2	-	0.6	-	0.1	-	0.5	-
<u>Parmotrema</u>																								
<u>perlatum</u>	1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Parmelia</u>																								
<u>hypoleucites</u>	-	0.1	4.2	-	3.5	2.1	3.6	-	-	1.0	1.9	0.1	3.6	0.7	0.2	0.8	2.7	1.0	0.2	0.1	2.4	2.3	0.2	0.1
<u>Parmelia</u>																								
<u>subrudecta</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.3	-	-	-	2.5	-	-	-	-
<u>Pseudoparmelia</u>																								
<u>caperata</u>	-	-	0.3	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Usnea</u>																								
<u>strigosa</u>	1.4	0.5	-	-	0.9	0.2	-	-	1.0	1.0	-	-	0.7	0.2	-	-	0.7	0.6	-	-	0.8	0.8	-	-
<u>Ramalina</u>																								
<u>farinacea</u>	0.8	0.2	1.4	1.4	0.1	-	0.9	2.6	0.3	-	1.2	2.5	0.2	-	0.9	1.6	-	-	0.9	2.4	-	-	0.9	2.8
<u>Cladonia</u>																								
<u>coniocraea</u>	0.6	1.1	-	-	0.1	1.7	-	-	0.6	2.3	-	0.5	0.3	2.1	0.2	0.3	0.3	2.2	-	0.5	0.2	2.5	0.2	0.6
T O T A L %	9.9	5.4	12.8	3.8	9.7	6.6	10.9	5.6	18.8	7.4	9.9	6.9	8.6	5.2	6.9	8.0	6.7	4.6	7.4	8.4	6.0	5.7	7.3	5.2

Las especies no presentes se denotan con -

T A B L A N° 2

COBERTURA DE LIQUENES EPIFITOS POR ARBOL Y SITIO EN $\text{cm}^2/1000 \text{ cm}^2$

S I T I O	I A					I B					3A					3B					TOTALES
	1	2	3	4	Total	1	2	3	4	Total	1	2	3	4	total	1	2	3	4	Total	
ARBOLES																					
Agosto	69	149	88	38	344	64	36	71	48	219	200	48	160	112	520	40	23	60	37	160	1243
Septiembre	67	141	74	76	358	72	48	84	71	275	180	105	124	115	524	78	25	77	22	202	1359
Octubre	52	152	62	121	387	82	61	105	88	336	194	132	138	115	579	87	31	88	27	233	1535
Noviembre	62	153	75	64	354	84	59	80	129	352	200	154	154	115	623	54	20	100	33	207	1536
Diciembre	61	156	70	138	425	85	64	94	84	327	200	158	210	116	684	47	13	72	50	182	1618
Enero	54	132	61	118	365	79	52	72	78	281	200	146	154	99	599	43	11	63	38	155	1400
Febrero	75	168	88	57	388	80	25	42	63	210	145	145	94	115	499	46	25	28	56	155	1252
Marzo	42	163	88	91	384	93	34	56	75	258	157	108	88	69	422	56	38	71	44	209	1273
Abril	45	97	100	94	336	116	29	49	89	283	157	103	86	56	402	60	63	89	56	268	1289
Mayo	72	88	137	33	330	84	26	48	54	212	102	68	54	35	259	49	45	47	56	197	998
Junio	57	78	112	35	282	78	27	49	64	218	120	42	46	62	270	50	62	80	56	248	1018
Julio	34	69	109	33	245	79	28	41	102	250	110	49	67	41	267	44	59	69	36	208	970
T O T A L:	cm^2 4198					3221					5648					2424					15491

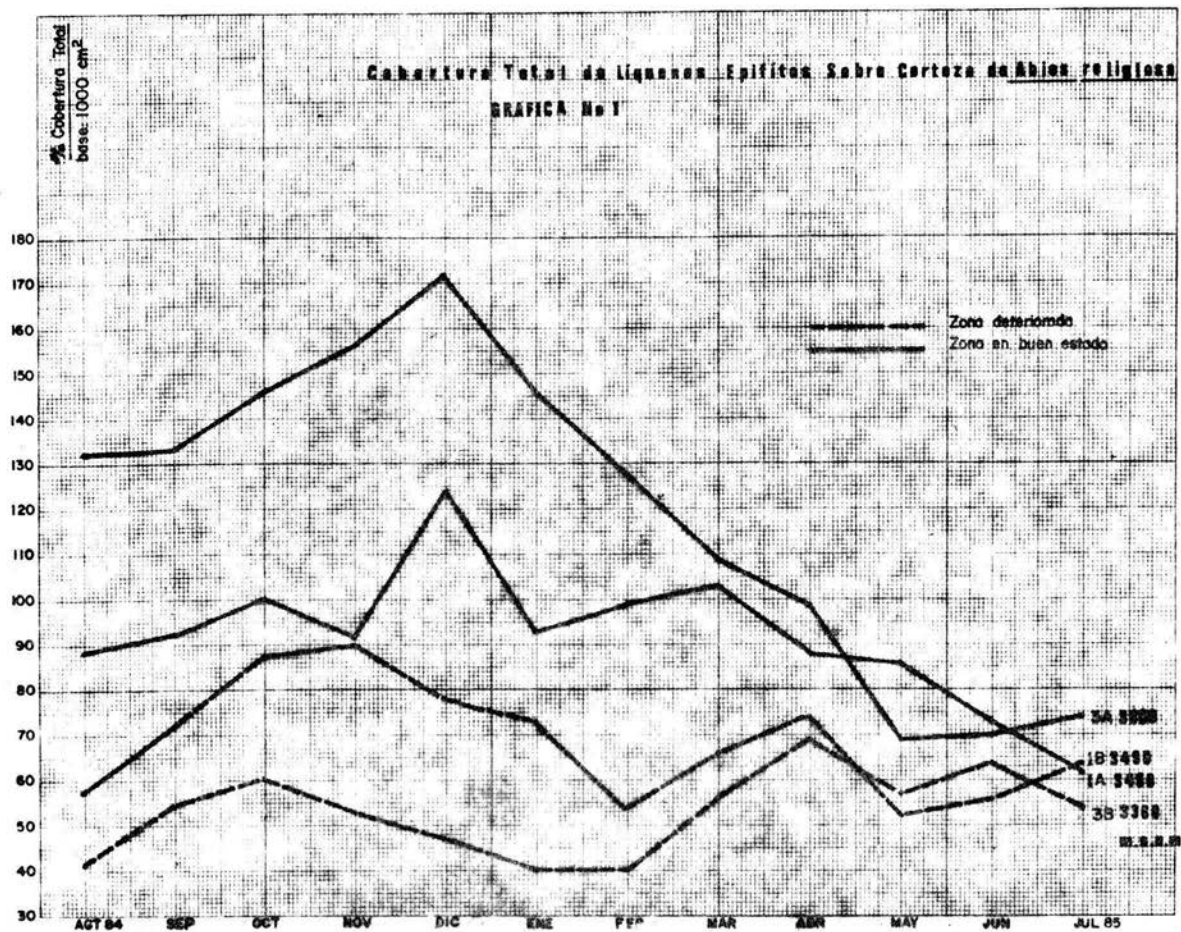


Gráfico No. 1a

Diagrama Tallo-y-Hoja para los % de Cobertura Total (UNIDAD: 1)

(base: 1000 cm²)

1 A



1 B



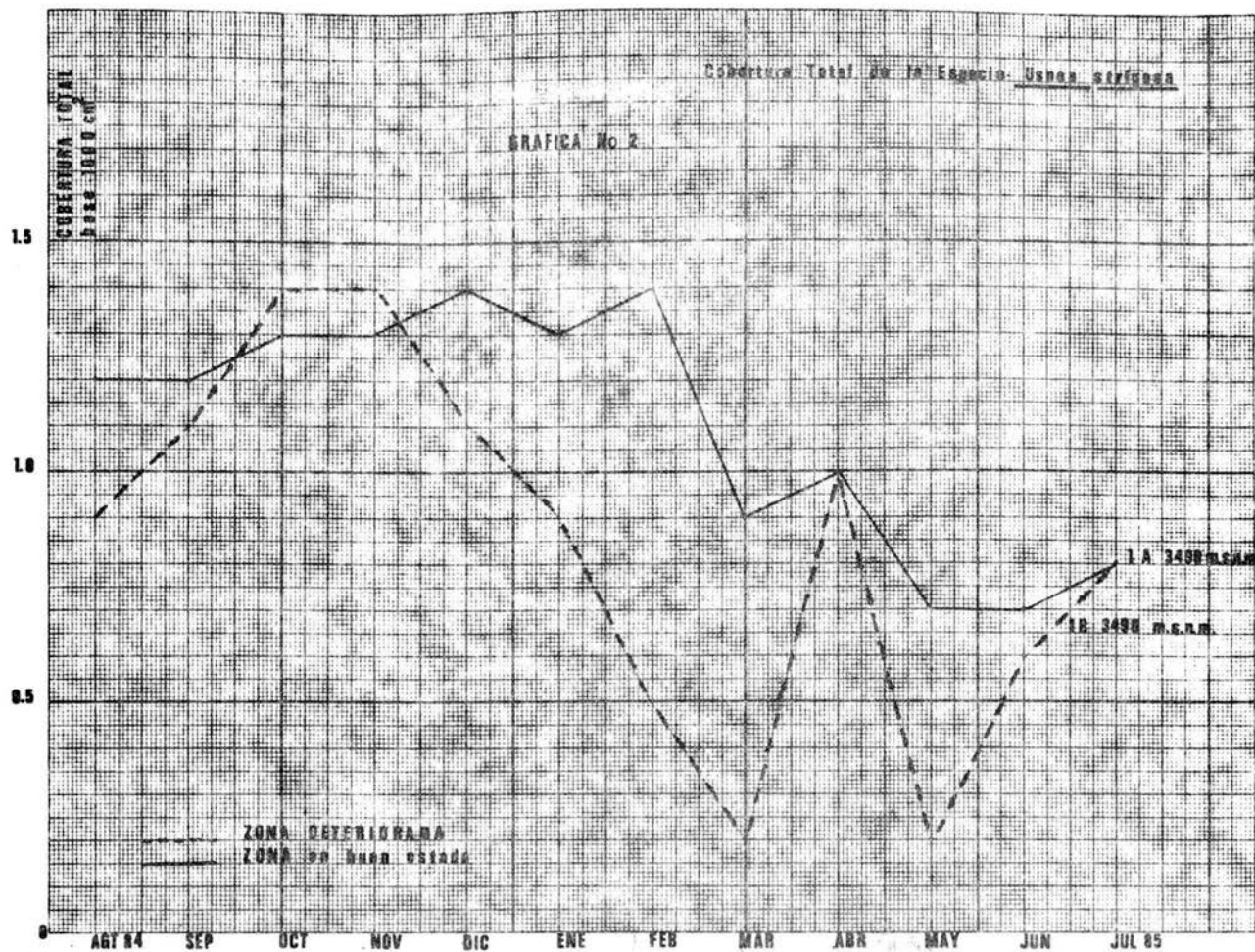
3 A

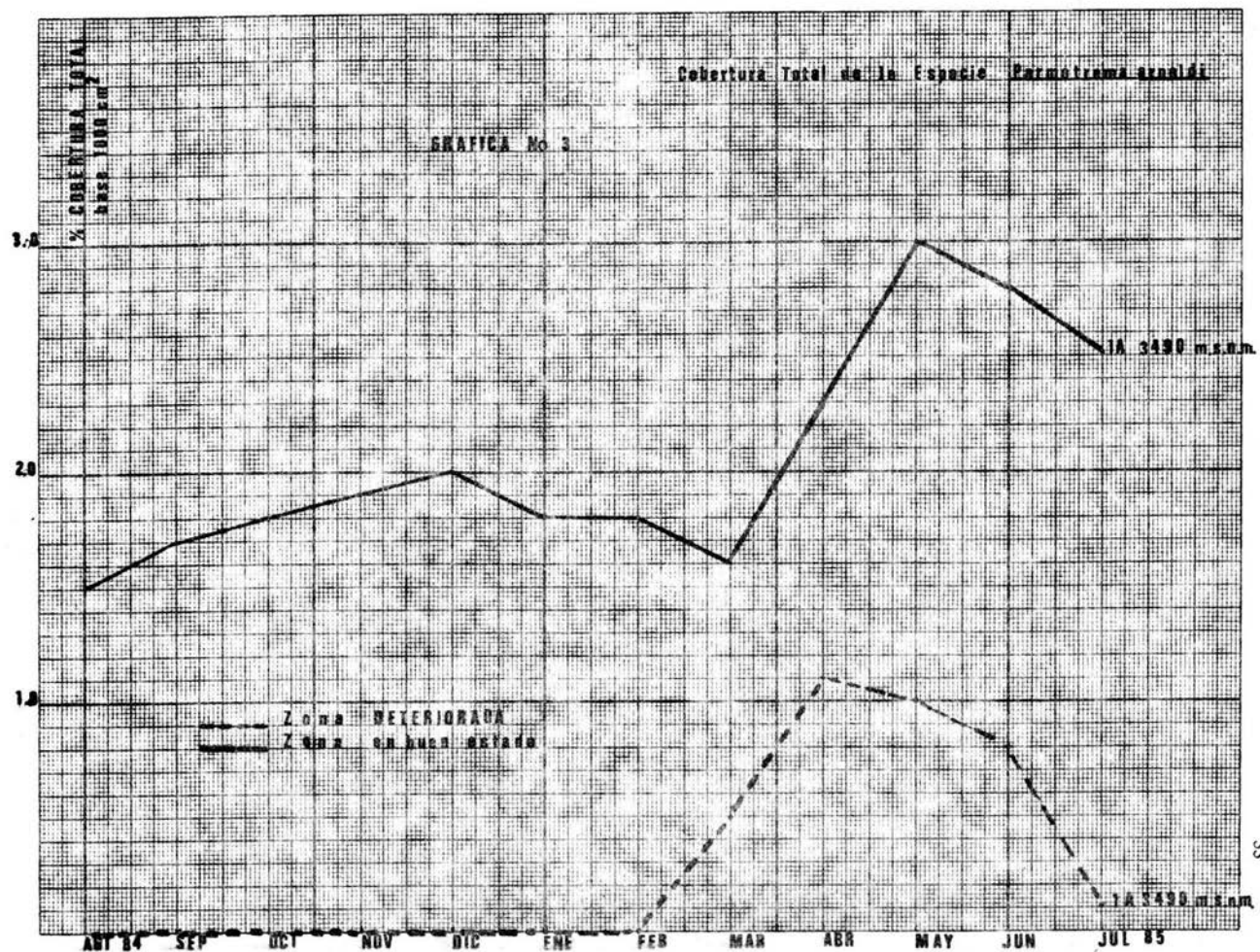


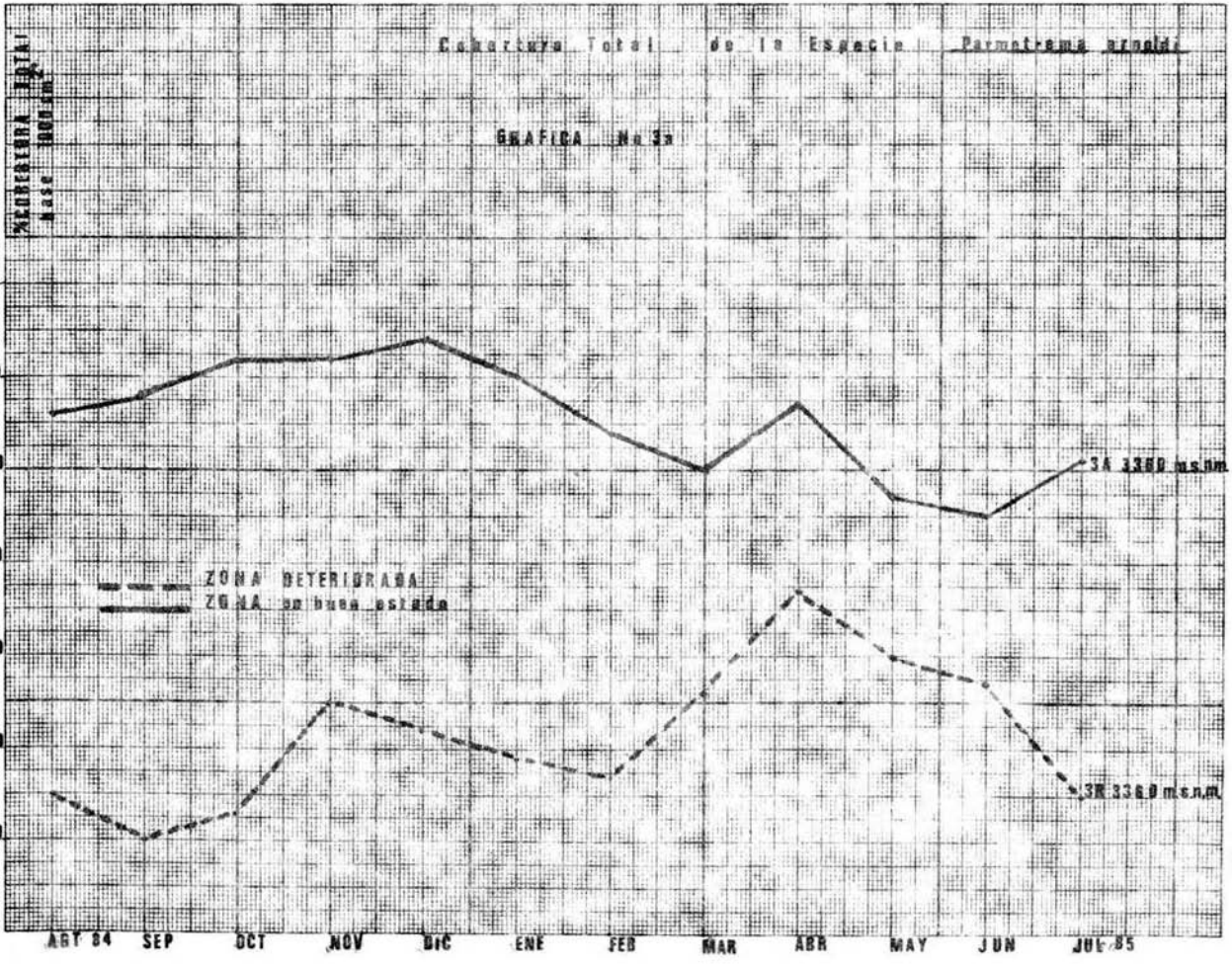
3 B

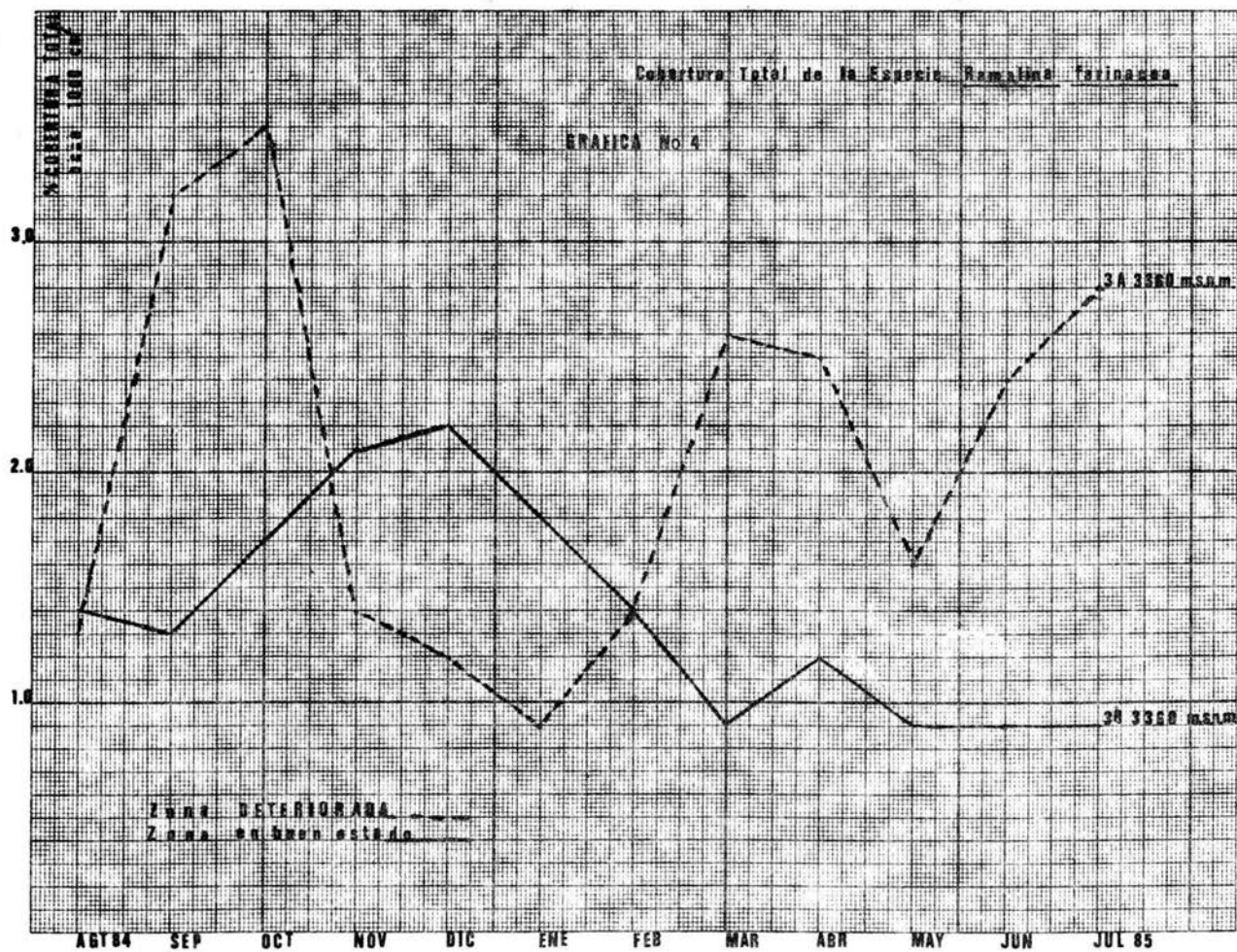


Valor Testigo 100%.









Faltan páginas

N° 36

Concentracion de Pb en la Especie
GRAFICA No 5

Usnea strigosa

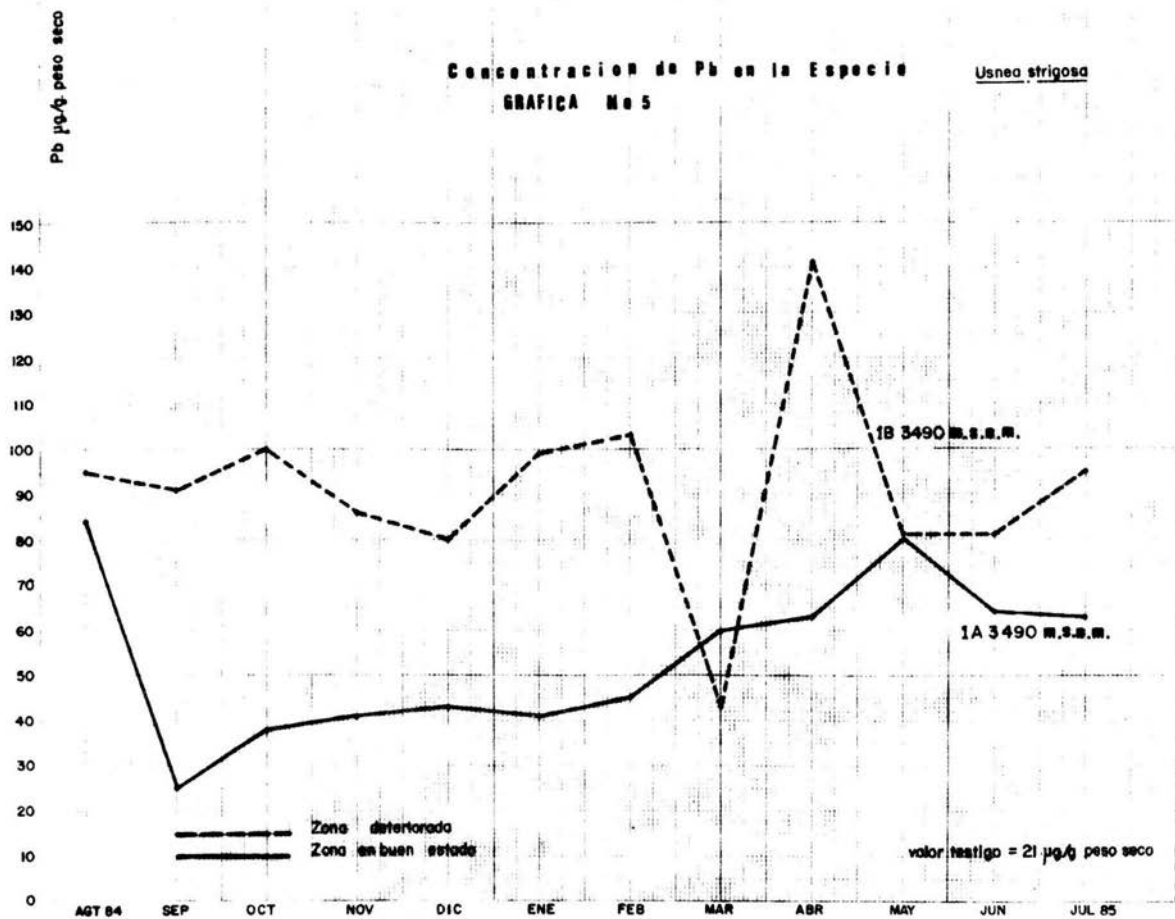
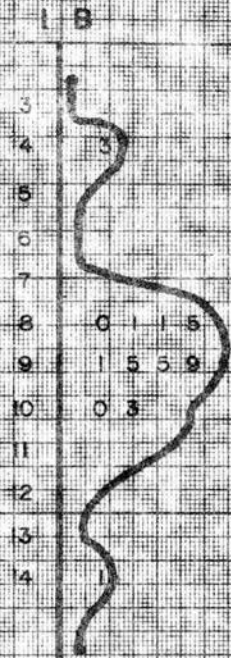
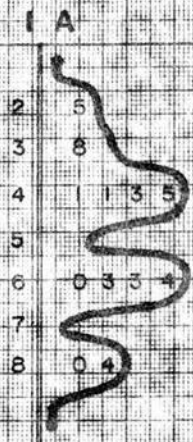
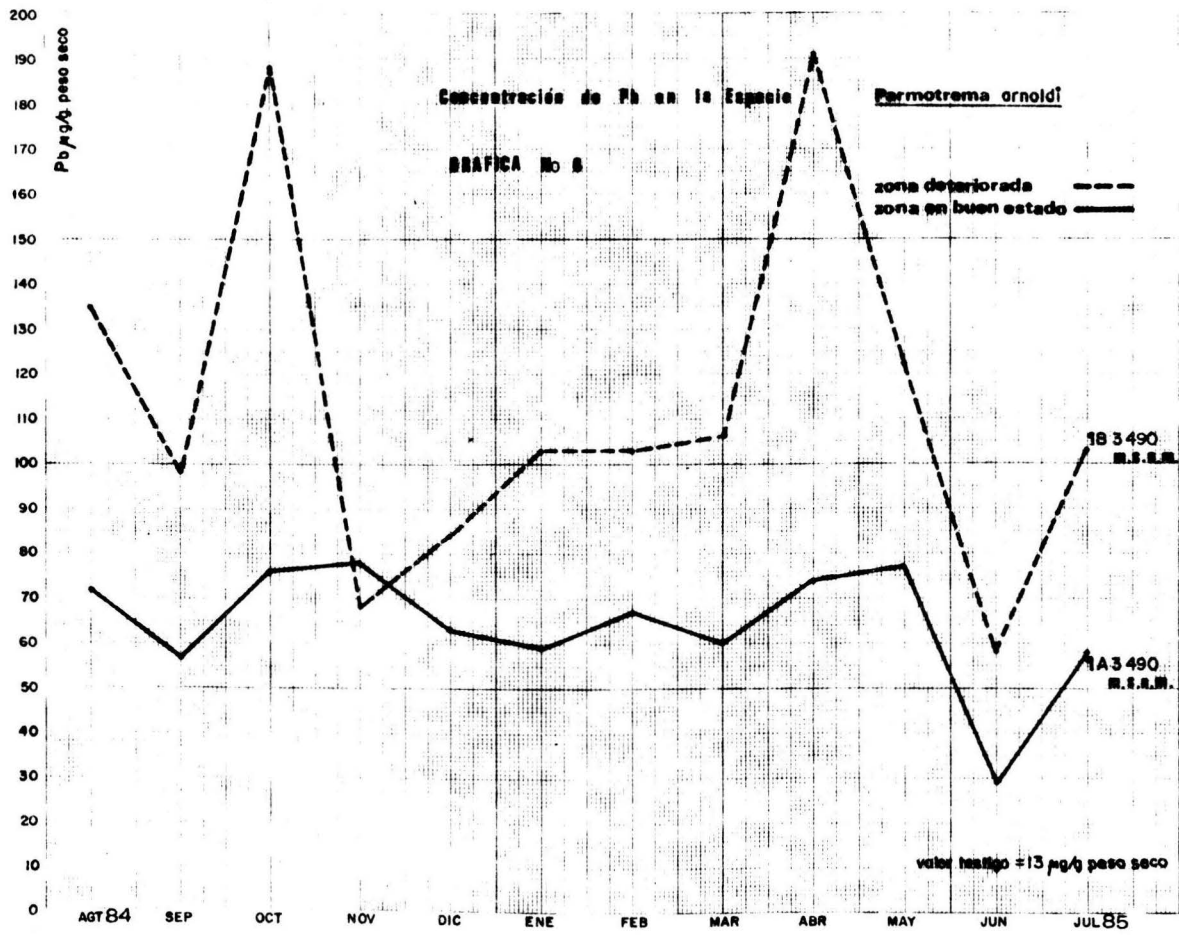


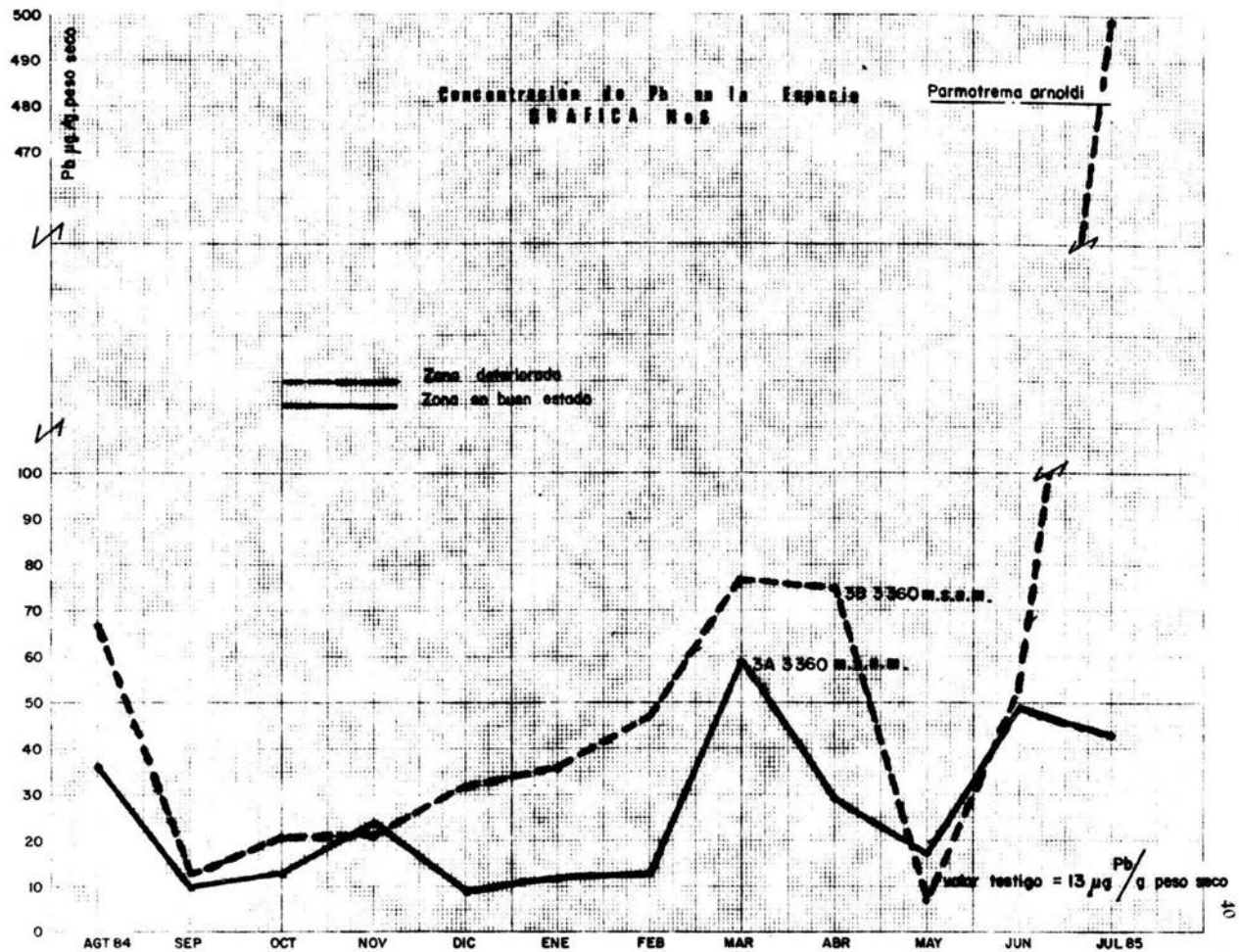
Gráfico No. 2a

Diagrama Talo-y-Hoja para los $\frac{1}{g}$ Pl/g peso seco. (MN DAD:1)



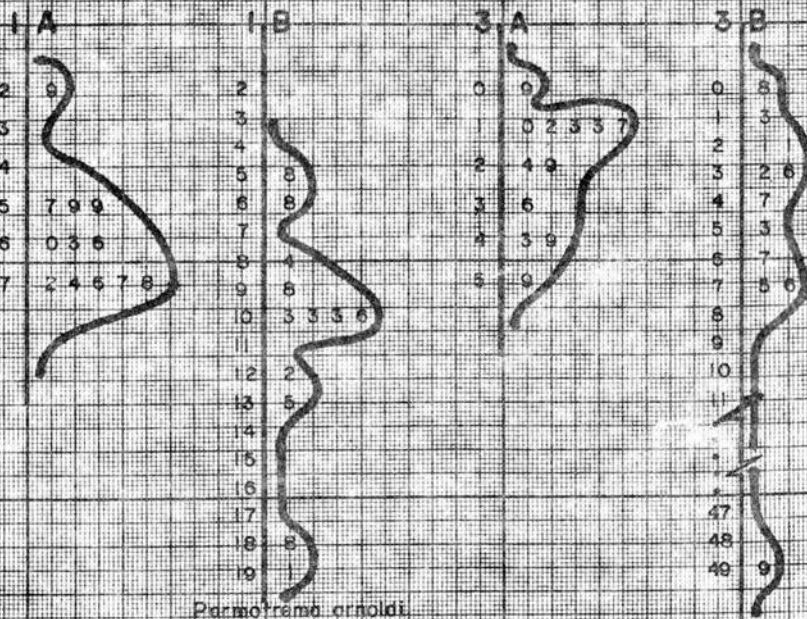
Usnea strigosa





Gráfica No. 8a

Diagrama Tallo-y-Hoja para los $\mu\text{gPb/g}$ peso seco (UNIDAD: 1)



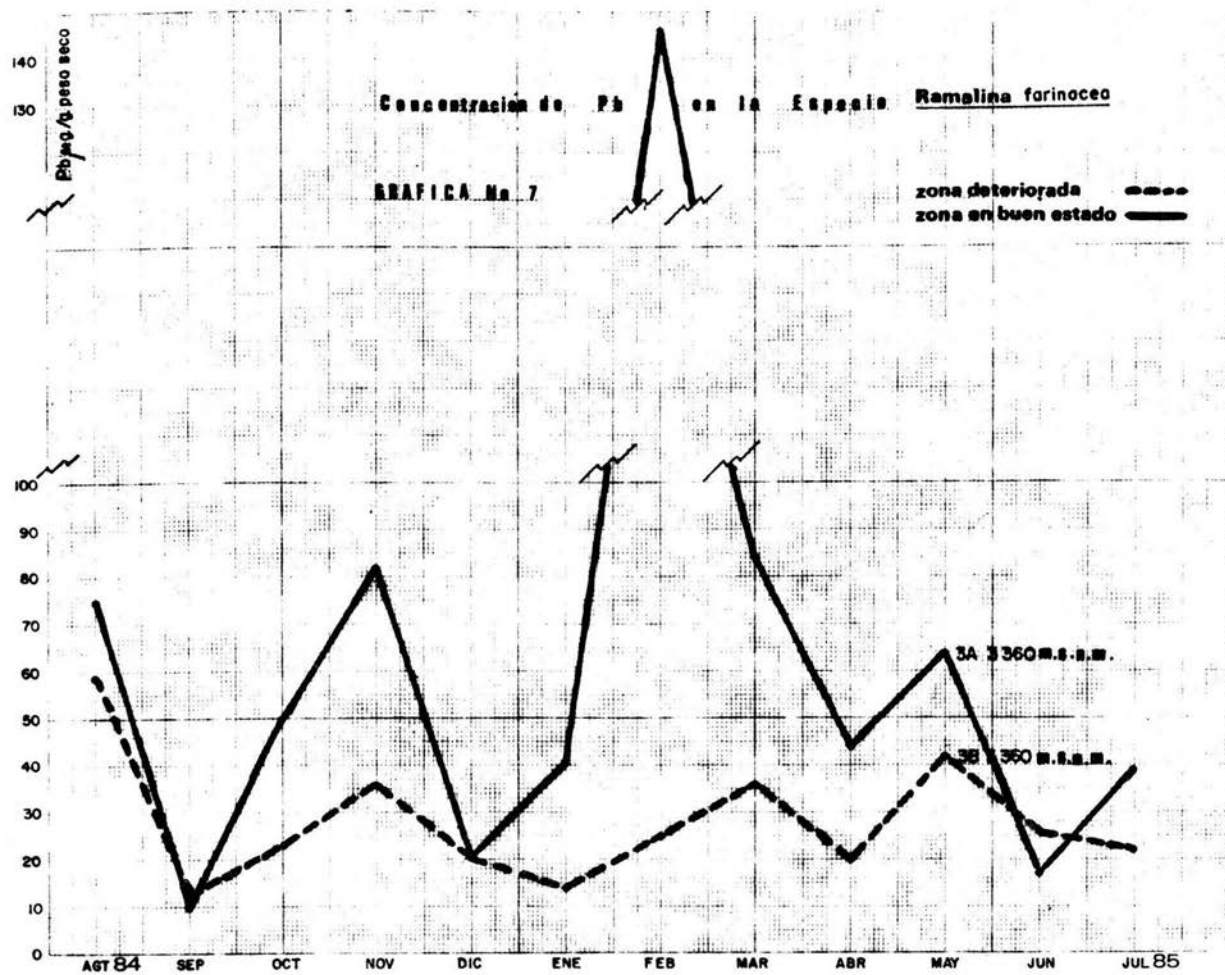


Gráfico No. 7a

Diagrama Talla y Hoja para las /g Pb/g peso seco (UNIDAD 1)

3 A



3 B



Bombina farinacea

6. DISCUSION Y CONCLUSIONES

Antes de poder deducir un gradiente de contaminación en un área industrial o urbana a partir de los bioindicadores liquénicos, es imprescindible valorar la sensibilidad regional de las especies, dado que se ha comprobado que las especies de amplia distribución -cosmopolitas- tienen diferentes comportamientos en las diferentes regiones donde se encuentran (Crespo *et al.*, 1977) e incluso pueden existir diferentes especies locales en otros (Gilbert, 1973).

Por lo tanto, en México resulta difícil aplicar la información publicada sobre la aparición de ciertas especies con características asociadas a un cierto grado de contaminación (método Hawksworth y Rose, 1970) porque las especies utilizadas en estos métodos son propias de los países donde se desarrollaron y en el altiplano mexicano se presentan otras de comportamiento no estudiado hacia los niveles de contaminación. Idealmente, las especies indicadoras deben de ser de amplia distribución, de fácil reconocimiento y deben de haber mostrado un punto de extinción agudo en todos los estudios de transecto.

Comportamiento de la cobertura de líquenes epífitos.

En México no se conoce todavía cuáles son las especies que serían las que primero desaparecerían de la corteza de los árboles. Nuestro método de estudio tiene la ventaja de contabilizar cualquier tamaño de talo liquénico epífito, de manera que también se toma en cuenta los líquenes pequeños, recientemente establecidos, que parecen mostrar mayor sensibilidad a la contaminación que los talos grandes (Crespo *et al.*). Se escogió la comunidad cortícola que Laundon (1970, en Gilbert, 1973) determinó como la menos resistente a la contaminación. Al respecto, Gilbert (1973) indica que el comportamiento de los líquenes en áreas contaminadas está hasta cierto punto gobernado por la naturaleza del

substrato y que las mismas especies son más sensitivas sobre corteza de árboles que sobre paredes.

Tomando en cuenta lo anterior, los resultados muestran que el % de cobertura total varía entre el 4 y el 17 %, con un valor testigo para Tlamacas del 100 %. Sin duda, nos encontramos en la "zona de conflicto", así denominada por Sernander (1926, en Gilbert op. cit.) para designar aquellas áreas donde los líquenes cubren hasta el 50 % de la superficie de los troncos. Si consideramos la predominancia de especies foliosas sobre las fruticosas, además de los bajos porcentajes de cobertura, vemos que las zonas estudiadas corresponderían al anillo más interno (según denominación de Vaarna, en Gilbert , op.cit.), zona interna de la "zona de conflicto", inmediato a la zona central vacía o "desierto liquénico", lo cual correspondería a vastas áreas de la ciudad de México, en nuestra investigación.

A pesar de que por el porciento de cobertura total las cuatro zonas estudiadas pertenecen a la "zona interna de conflicto", se observan diferencias apreciables entre las zonas confirmadas por el análisis de varianza y de Tukey: Las mayores diferencias se presentan entre orientaciones a menor altura ("3A" y "3B"), y entre alturas en la franja con orientación resguardada ("1A" y "3A"); no obstante, según Tukey las diferencias entre alturas en la franja a donde llegan directamente los vientos de la ciudad ("1B" y "3B") son insignificantes, como asimismo lo son entre orientaciones a mayor altura ("1A" y "1B").

Esta falta de diferenciación entre las orientaciones a mayor altura ("1A" y "1B") podría atribuirse a una homogenización debido a la acción del viento, que se acrecenta a medida que aumenta la altura y disminuye la densidad de arbolado. Por otro lado, la igualdad entre alturas en la orientación más expuesta a los vientos de la ciudad ("1B" y "3B") podría atribuirse, asimismo, a un efecto contaminante igualador de los mismos cuya consecuencia es la disminución global de la cobertura liquénica.

El análisis exploratorio de datos (Gráfica Nº 1a) evidencia que las zonas en mejor estado presentan un rango de distribución de cobertura mayor que las zonas en mal estado, una cantidad superior de valores altos que bajos, valores éstos más abundantes en las zonas en peor estado.

La presencia o ausencia de especies en algunos meses del año lo adjudicamos a los cambios estacionales presentes y al no muy estudiado ciclo de vida de las especies líquénicas del Parque. Se ha de tomar en cuenta que la temperatura y humedad existentes en la zona, así como la combinación de días con gran precipitación o muy secos, pueden haber alterado los resultados.

Contenido en plomo de las especies analizadas.

En cuanto a las cantidades de plomo analizadas, se sabe que la principal causa de presencia de plomo en la atmósfera y, por lo tanto en los líquenes, es la adición de tetraetilo y tetrametilo de plomo como antidetonante en los carburantes, el cual es posteriormente arrojado en forma de aerosoles, de los cuales la mayoría se presentan en forma de micropartículas (óxidos y halogenuros de plomo) de granulometría inferior a 1 μg (Dúruelle, 1973). En México se adiciona a la gasolina cantidades variables de tetraetilo de plomo, a razón de 0.92 ml por litro de gasolina o bien 1.47 por l (I.M.P., 1983). Parmotrema arnoldi presentó promedios de 26 y 41 (si no tomamos en cuenta un único valor disparado de 499 $\mu\text{g Pb/g}$ de pesos seco) para las zonas en mejor estado, y 64 y 113 para las de peor estado.

Los promedios para Usnea strigosa fueron de 54 para la zona en buen estado y 91 para la de peor estado. En cuanto a Ramalina farinacea presentó un promedio de 48 (si no tomamos en cuenta un único valor disparado 1146 $\mu\text{g Pb/g}$ peso seco). Si comparamos estos promedios con los obtenidos por Dúruelle (op. cit.) para Parmelia caperata de 960 y 90 $\mu\text{g Pb/g}$ de peso seco a 8 y 500 m respectivamente de distan-

cia a la autopista que pasa por el bosque de Fointainebleau (París, Francia), vemos que nuestros valores (en total oscilando de 28 a 130 $\mu\text{g/g}$ peso seco) se acercan más a aquellos detectados a más de medio Km de la autopista, lo cual denota una zona no directamente afectada por el tránsito de vehículos. En general, se observaron valores de media aritmética y mediana inferiores (si no se toman en cuenta los valores disparados) para las zonas en mejor estado que en las de peor estado, excepto para Ramalina farinacea, a cuyo comportamiento extraño no se le ha encontrado explicación, ya que se considera una especie de reacciones mal conocidas hacia los efectos de la contaminación (Hawksworth, 1981).

En resumen, dadas las características de las zonas de estudio escogidas, comparables desde el punto de vista ecológico excepto por el diferente estado de degradación de la vegetación, el cual podría atribuirse a la contaminación atmosférica que llega a la ciudad de México (el difícil acceso a la zona y la falta de tala observable excluye otras fuentes de degradación) nos hacen concluir que, aunque las cuatro zonas pertenecan a una franja de "conflicto" muy afectada por la contaminación atmosférica (zona interna con predominancia de líquenes foliosos), se puede distinguir entre un estado "mejor" o "peor" mediante la cuantificación del mayor o menor desarrollo de la vegetación epifítica líquénica que como se mencionó anteriormente, es la comunidad líquénica más sensible a la contaminación) y de las diferencias en concentraciones promedio de Pb en el talo de las más abundantes. Estos hechos apoyan la teoría de que la contaminación atmosférica es una de las causas fundamentales en la degradación de la vegetación boscosa autóctona del Desierto de los **Leones**.

Ulteriormente, podemos ofrecer un avance de lista de las especies líquénicas del Valle de México epífitas sobre cortezas de Abies religiosa que resultaron más resistentes a la contaminación atmosférica, por el hecho de encontrarse en cantidades apreciables entre las cotas 1-1.50 m desde la base del tronco, dado que en zonas de conflicto, a estas alturas hay

menos especies líquénicas que en la base del tronco (Hawksworth & Rose, 1970). La lista se ofrece por orden de mayor a menor grado de resistencia, medido por el mayor o menor grado de cobertura de las mismas: Parmotrema arnoldi (DR.) Hale, Parmelia hypoleucites Nyl. Ramalina farinacea (L.) Ach., Hypotrachyna revoluta (FLK.) Hale, Pseudovernia intensa (Nyl) Hale & Culb., Cladonia coniacraea (Florke) Spreng., Usnea strigosa (Ach.) Eaton, Parmelia subrudecta Nyl., Parmotrema perlatum (Huds.) Choisy, Pseudovernia consocians (Vain.) Hale & Culb., Pseudovernia caperata (L.) Hale (= Parmelia caperata (L.) Ach.),

Es importante tomar en cuenta que se podría encontrar estas mismas especies en grados todavía más avanzados de contaminación, pero sobre otro tipo de substrato, ya que las mismas especies son más sensitivas sobre corteza de árboles que sobre paredes, piedra y techos de asbesto, de manera que el comportamiento de los líquenes en áreas contaminadas está hasta cierto punto gobernado por la naturaleza del substrato (Gilbert, 1973).

CONCLUSIONES FINALES

En algunos aspectos, la comparación de las zonas más y menos deterioradas dió respuesta afirmativa a la interrogante de que si la contaminación ambiental es o no un factor importante causante del grado de deterioro en que se encuentra el bosque, aunque debe de tenerse presente que la fisiología de estos organismos, su crecimiento, etc., pueden alterarse por otros factores como los climáticos, bioquímicos.... El tiempo de muestreo fue relativamente corto (un año) para lograr esclarecer de forma inequívoca la incidencia de este tipo de factores. Como sugerencia, y por la imposibilidad de haber establecido una torre de monitoreo para los factores contaminantes y climatológicos que hubiera apoyado el trabajo, sugerimos que para futuros estudios se haga todo lo posible por lograr la implementación de un sistema de este tipo.

En resumen, la menor cobertura y mayores niveles globales de plomo en los líquenes epífitos en las zonas más deterioradas apoya la tesis de que, si bien la contaminación ambiental quizá no sea un factor directo causante de la muerte de los árboles, si ha de ser un factor debilitante por cuanto que se detectó mayores niveles de la misma (a través de los bioindicadores liquénicos) donde se presentaron más cantidad de árboles enfermos y zonas con predominancia de vegetación perturbada.

7. RESUMEN

Con este trabajo se pretende iniciar los estudios bioecológicos que generen conocimientos, acerca del comportamiento de las comunidades líquidas del Valle de México, en relación a diferentes niveles de contaminación atmosférica y que permitan la utilización de las mismas como bioindicadoras, relacionándolas con los niveles de contaminación existentes.

Se ha comenzado con la selección de una zona boscosa, ubicada en la periferia de la ciudad, el "Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones", que debido a la orientación predominante de los vientos que cruzan la ciudad (N-NE a S-SE) se ve impactada por la contaminación atmosférica producida en la misma. Se seleccionaron cuatro zonas con características ecológicas semejantes, pero con diferente exposición a los vientos (contaminación); dos de ellas ("1A" y "1B") se localizaban a 3490 m.s.n.m. y las otras dos ("3A" y "3B") a 3360 . . . En cada una se seleccionaron cuatro árboles del mismo diámetro aproximadamente, en los cuales se muestrearon frecuencia y cobertura de especies, registrándose once especies pertenecientes a cuatro familias: Parmeliaceae, Usneaceae, Ramalinaceae, Cladoniaceae. Una vez realizado el promedio de especies, se observó que la cobertura y frecuencia de especies es bastante mayor para las zonas "A" (buen estado) que para las "B" (mal estado), presentándose el mayor pico de cobertura en el mes de Diciembre y el menor, en Mayo. Además, se realizaron los diagramas de tallo-hoja con el fin de comparar la distribución de los % de cobertura para "A" y "B", viéndose que presenta una menor dispersión de valores la zona "A" que la "B".

Al mismo tiempo, se realizó la determinación de plomo (Pb) para las tres especies más frecuentes, una de ellas (Parmotrema arnoldi) presente en los cuatro sitios y de las otras dos, Usnea strigosa se presentó en las zonas "1A" y "1B" y Ramalina farinacea en las zonas "3A" y "3B". U. stri-

gosa registró una mayor concentración de Pb en las zonas "B" (mal estado) que en las "A" (buen estado), presentándose en el mes de Mayo el pico más alto, con 140 µg de plomo/g de peso seco. Asimismo, se encontró una distribución más heterogénea de valores en las zonas "B" que en las "A". R. farinacea presentó un comportamiento anormal o, por lo menos discrepante a lo esperado, ya que presentó mayores concentraciones en las zonas "A" que en las "B", presentando un pico máximo de contenido en plomo en el mes de Febrero y una distribución más homogénea en las zonas "B" que en las "A". Por último, Parmotrema arnoldi registró una mayor concentración de plomo en los sitios "B" que en los "A", presentando así mismo una distribución de valores más homogénea en los "A" que en los "B".

Se concluye que en Desierto de los Leones la contaminación atmosférica es un factor importante en la génesis de la degradación de la vegetación liquénica epífita sobre Abies religiosa y, por extensión en el debilitamiento de la vegetación boscosa que le expone a subsiguientes enfermedades y parasitosis.

8. BIBLIOGRAFIA

8.1 Referencias

- ALEXOPOULOS, C.J. and C.W. Mims., 1979. Introductory Mycology, Third Edition. Ed. J. Wiley & Sons. New York, 700 pp..
- APHA; AWWA; WPCF., 1981. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Fifteenth edition. APHA; AWWA; WPCF, 147-152 pp.
- BOILEAU, L.J.R., P.J, Beckett., P. Lavoie & D.H.S, Richardson., 1982. Lichens and mosses as monitors of industrial activity associated with uranium mining in northern Ontario, Canada-Part 1: Field procedures, chemical analysis and interspecies comparisons. Environ. Pollut. Ser. B. 4; 69-84
- BRAUN-BLANQUET, J., 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Blume. Madrid, 16-33; 73-199 pp.
- COCODA., 1985. Inventario-Diagnóstico del Desierto de los Leones. DDF, 39 pp.
- CRESPO, A., E, Manrique., E, Barreno & E, Serriña., 1977. Valoración de la contaminación atmosférica del área urbana de Madrid mediante bio indicadores (líquenes epífitos) An. Inst. Bot. Cavanilles 34 (1): 71-94.
- CONACYT., 1984. Catálogo de Centros e Institutos de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico. 2ª Edición. CONACYT, 366 pp.
- CURTS, G.J., 1984. Análisis estadístico aplicado a los estudios de contaminación. II Curso y Simposio Internacional sobre Biología de la contaminación. Agosto. ENEPI, UNAM. 25 pp.
- DAVALOS DE GUZMAN, L., F. Brizuela & G. Guzmán., 1972. Estudios sobre lo líquenes de México, I. Notas sobre algunas especies. An. Esc. Nac. Cien. Biol. 19: 9-20
- DERUELLE, S., 1983. Los líquenes víctimas de la contaminación. Mundo científico, 31, (3); 1268-1270

- DURAN, A. & V. Rivera., 1982. Los musgos epífitos y la contaminación atmosférica en el área urbana de la ciudad de México. Tesis ENEPI. UNAM, 90 pp.
- FOLKESON, L., 1978. Interspecies calibration of heavy-metal concentration in nine mosses and lichens; applicability to deposition measurement. Water and Soil Pollut. 11; 253-260
- FOLKESON, L., 1984. Deterioration of the moss and lichen vegetation in a forest polluted by heavy metals. AMBIO 13 (1): 37-39.
- FUCHS, C. & J. Garty., 1983. Elemental content in the lichen Ramalina duriaei (de not.) Jatta at air quality biomonitoring stations. Env. Exp. Bot. 23 (1); 29-43
- GALAN, C.P., 1984. Los líquenes, víctimas del progreso. Conocer 23: 42-46
- GARCIA, E., 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 2ª Ed. Colegio de Geografía, México, D. F.
- GILBERT, O.L., 1970. Further studies on the effect of sulphur dioxide on lichens and Bryophytes. New Phytol 69: 605-627
- GILBERT, O.L., 1970. A Biological scale for the estimation of sulphur Dioxide Pollution New Phytol 69 : 629-634
- GILBERT, O.L., 1973. Lichens & air pollution. Chap 13, pp. 443-471 in "The Lichens", V. Ahmadjian M.E. ed Academic Press. New York. London, 44 pp.
- HALE Jr., M.E., 1975. A revisión of the lichen genus Hypotrachyna (Parmeliaceae) in tropical America. Ed. Smithsonian Contributions to Botany. 25. USA, 73 pp.
- HALE, M.E., 1969. How to Know the lichens. Ed. The pictured key nature series WCB. Second edition. USA. 246 pp.
- HAWKSWORTH, D. L. & F. Rose., 1970. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. Nature Lond, 227: 145-148

- HENDERSON - SELLERS, A., M.R.D. Seaward., 1979. Monitoring lichen reinvasion of ameliorating environments. Environ Pollut 207-213
- HERRERA, T. & M. Ruiz Oronoz., 1968. Botánica criptogámica (con aplicaciones a la agricultura y a la industria). Vol. I. Clasificación botánica, bacterias, rickettsias y virus. Ed. ECLASA. México, 301 pp.
- INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO. 1983. Valores oficiales. IMP.
- INIF, 1983. Parque Nacional "Desierto de los Leones" Area de Investigación. Primer Informe. Agosto-October. 30 pp.
- INIF, 1984. Minuta reunión tres de Agosto. Avances de los programas específicos del plan integral de investigación en el Desierto de los Leones. SARH. 25 pp.
- LE BLANC, F. & J. de Sloover, 1970. Relation between industrialization and the distribution of epiphytic lichens and mosses in Montreal. Can. Jour. Bot. 48 (8): 1485-1496
- LE BLANC, F., G., Comeau, and D.N. Rao; 1971. Fluoride injury symptoms in epiphytic lichens and mosses. Canadian journal of Botany 49: 1691-1698.
- LE BLANC, F., D.N., Rao., 1973. Effects of sulphur Dioxide on lichens and Moss Transplants. Ecology 54 (3): 612-617
- LECHOWICZ, M., 1982. The effects of simulated acid Precipitation on Photosynthesis in the caribou lichen. Water, air, and soil pollution 18: 421-430
- LOPEZ, P.E. & M.G. Serrano., 1984. Flora del Desierto de los Leones. COCODA. DDF, 40 pp.
- MARTINEZ, M., 1941. Guía para el curso de Botánica en las escuelas secundarias, normales y preparatorias. Ed. Botas. México, 231 pp.
- MELO, G.C., 1978. Ensayo metodológico para la planificación del Parque Nacional Desierto de los Leones, D. F., Tesis Maestría en Geografía. Colegio de Geografía. FAC. de Filosofía y Letras. UNAM.

- MENDEZ, A. & FOURNIER, O., 1980. Los líquenes como indicadores de la contaminación atmosférica en el área metropolitana de San José, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 28 (1): 31-39
- MOLDENKE, N. & A. MOLDENKE., 1952. Plants of the Bible. Ed. The Ronald Press Company. New York. 500 pp.
- NASH III, H.T., 1971. Lichen sensitivity to hydrogen fluoride. Bulletin of the Torrey Botanical club 98 (2): 103-106
- NYGARU, S. and L. Harju., 1983. A study of the short range pollution around a power plant using heavy fuel oil by analysing vanadium in lichens. Lichenologist 15 (1): 89-93
- PILEGARD, K., 1978. Heavy metals in bulk precipitation and transplanted Hypogymnia physodes and Dicranowesia cirrata in the vicinity of a Danish steelworks. Water, air, and soil pollution 11: 77-91
- PUIGCERVER, M., 1979. Atmósfera y contaminación atmosférica. Investigación y Ciencia. Octubre: 104-120
- RIO DE LA LOZA, O. & C. Troverí., 1952. Los parques nacionales de México. Parque Nacional Desierto de los Leones (La flora del Desierto) SAG. DGFC, 53 pp.
- ROSE, C.I. & D.L. Hawksworth., 1981. Lichens recolonization in London's cleaner air. Nature 289 (22): 289-292
- SCHAUBENBERG, P. & F. París., 1972. Guía de las plantas medicinales. Ed. Omega. Barcelona, 365 pp.
- SECRETARIA de la Reforma Agraria (SRA)., 1983. Plano de expropiación del 19 de Dic. de la SRA.
- STEEL, R.G.D. & J.H. Torrie., 1985. Estadística. Principios y Procedimientos. 1ª ed. esp. 622 pp.
- STRASBURGER, E., F. Noll, H. Scheck & A.F.W. Schimper, 1974. Tratado de Botánica. Ed. Marín. España. 514 pp.

- TAKALA, K. & H. Olkkonen, 1981. Lead content of an epiphytic lichen in the urban area of Kuopio, east central Finland. Ann. Bot. Fennici 18: 85-89
- TIRADO, S.D., 1976. Determinación de pérdida de peso por calentamiento (100-100°C). Humedad método indirecto. En instructivo de Laboratorio de Química Analítica Cuántica. ENCB. IPN.
- TRIGO, B.N., R.I. Azuara., J, Bravo., T, Carranza., R.I., Castañeda., A, Gaxiola., A.M, Mendiola & F, Mora., 1984. Estimación de la calidad de estación de cuatro diferentes zonas dañadas y su relación con los diferentes grados de perturbación en Abies religiosa (H.B.K.) Schl et cham, a lo largo de un gradiente altitudinal en el Parque Cultural y Recreativo "Desierto de los Leones". División de Ciencias Biológicas y de la salud. UAM-X.
- ULRICH, A. Tabalacai., M, Ohki. & C. Jhonson., 1967. Plant analysis; Analytical Methods "Bulletin 766. Universidad de Baja California.
- VELASCO, L.A., 1983. La contaminación atmosférica en la ciudad de México. Ciencia y Desarrollo 52: 59-63
- THOMSON, J.W., 1967. The lichen genus Cladonia in North America. Ed. University of Toronto Press. Canada, 172 pp.

8.2 Bibliografía general no citada en el texto.

- AHMADJIAN, V., 1963. The fungi of lichens. Scientific American. 208 (2); 123-132
- AHMADJIAN, V. & M.E. Hale., 1973. The lichens. Ed. Academic Press. New York, 800 pp.
- AHMADJIAN, V., 1982. The nature of lichens. Natural History, 91 (3); 31-36 pp.
- AINSWORTH, G.C., 1976. Introduction to the history of mycology. Ed. Cambridge University Press. London, 359 pp.

- BRIZUELA, F. & G. Guzmán., 1971, Estudios sobre los líquenes de México, II. Bol. Soc. Mex. Mic. 5: 79-103 *
- CORDOVA, V.C., 1975. Fitosociología de las sustancias liquénicas. Sección Biología (23). Ed. Alhambra, España, 162 pp.
- DAVALOS DE GUZMAN, L. & G. Guzmán., 1969. Claves para identificar algunos de los principales líquenes de México. Bol. Inf. Soc. Méx. Mic. 3; 13-18 *
- FERRY, B.W., M.S. Baddely & D.L, Hawksworth., 1973. Air pollution and lichens. Ed. The Athlone Press of the University of London. Inglaterra, 1-157 pp.
- FULLER, H.J. & Z.B, Carothers., 1974. Botánica. Ed. Interamericana. 331-350 pp.
- GIBERT, M.A., 1934. Líquenes del Valle de México. Tesis Facultad de Ciencias. Biología. UNAM. *
- GONZALEZ DE LA ROSA, M.G., 1975. Contribución al estudio de los líquenes de México. Tesis. ENCB. IPN. *
- GONZALEZ DE LA ROSA, Ma. E. & G. Guzmán, 1976. Estudios sobre los líquenes de México III. Observaciones sobre especies no consideradas anteriormente. Bol. Soc. Mex. Mic. 10: 27-69 *
- HAWKSWORTH, D.L. & F. Rose., 1976. Lichens as pollution monitors. The institute of biology's. Studies in biology 66. Ed. Edward Arnold. Great Britain, 61 pp.
- LAWREY, J.D. & M.E, Hale., 1979. Lichen growth responses to stress induced by automobile exhaust pollution. Science 204-27; 423-424
- MARGALITH, J.G., 1979. Localization of heavy metals and other elements accumulated in the lichen tallus. New Phytol. 82; 159-168
- MARGALEF, R., 1980. Ecología. Ed. Omega. Barcelona, 81-10 pp.
- NASH III, T.H. & M.R. Sommerfeld, 1981. Elemental concentrations in lichens in the area of the four corners power plant, New Mexico. Env. Exp. Bot. 21 (2); 153-162

- ULLOA, M. & R, Hanlin., 1978. Atlas de micología básica. Ed. Concepto. México, 158 pp.
- VILLALON, A. & A, Monches., 1974. Contaminación ambiental, causas y valoración. Ed. Jims. Barcelona.
- WEBSTER, J. 1980. Introduction to the history of mycology. Ed. Cambridge University Press. London , 359 pp.