

16  
2ej.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

“EVALUACION DE CIERTAS ESPECIES ARBOREAS DE  
ACUERDO A LAS CONDICIONES EN QUE SE DESA-  
ROLLAN EN LA CIUDAD DE MEXICO”

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 N :

SONIA BARCENA VAZQUEZ

ESPERANZA JOSEFA NAVARRETE TORRALBA

MEXICO, D. F.

1987.



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 está 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.

## I N D I C E

	pág.
Resumen .....	1
Introducción.....	3
Objetivos .....	6
Antecedentes.....	7
Factores que afectan la vegetación urbana .....	8
Características de la Cuenca del Valle de México..	11
Contaminantes aéreos .....	12
Bióxido de azufre .....	14
Plomo .....	16
Estaciones de muestreo.....	17
Beneficios de las áreas verdes .....	25
Material y Método .....	27
Evaluación del arbolado .....	33
Análisis Químico del Follaje .....	37
Análisis Químico y Físico del Suelo .....	38
Resultados	
Evaluación del arbolado .....	40
Análisis Químico del Follaje .....	60
Análisis Químico y Físico del Suelo .....	72

<b>Discusión</b>	.....	<b>pág.</b> <b>76</b>
<b>Conclusiones</b>	.....	<b>84</b>
<b>Bibliografía</b>	.....	<b>86</b>
<b>Fotografías</b>	.....	<b>90</b>
<b>Anexos</b>	.....	<b>92</b>

## R E S U M E N

Este trabajo se realizó en el Laboratorio de Suelos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales ( INIF ) , México.

La Ciudad de México presenta el problema más grave de contaminación atmosférica en el país , debido a la localización en su territorio de un gran número de establecimientos industriales y al uso intensivo y creciente de vehículos automotores .

En el invierno éste problema se recrudece , ya que las inversiones térmicas , ocasionadas por la presencia de masas estacionarias de aire frío , se ven favorecidas por las características orográficas de la Cuenca del Valle de México , aunado a la situación geográfica del Area Metropolitana . Durante esas inversiones , los contaminantes se acumulan en una capa de aire poco profunda , lo que deteriora la calidad del mismo . En los centros urbanos , los contaminantes atmosféricos se presentan en forma de gases orgánicos e inorgánicos o bien en forma de partículas .

Los árboles urbanos pueden ayudar en el control de la contaminación del aire siempre y cuando se utilicen las especies adecuadas , es decir , las más tolerantes y las que sean más efectivas en la filtración y dilución de contaminantes atmosféricos .

El fin de este trabajo , de carácter exploratorio , fué el de conocer el daño provocado por los contaminantes atmosféricos ( tomando como indicador al bióxido de azufre "SO<sub>2</sub>" ) , en las siguientes especies arbóreas : Cupressus lindleyi , Erythrina americana , Fraxinus udhei , Eucalyptus camaldulensis , Jacaranda mimosifolia y Salix babilonica . Para lo cual se

Realizó una evaluación cualitativa del estado físico del follaje y del tronco , además de un análisis químico del follaje y del suelo , en árboles situados en las cercanías de las estaciones de monitoreo : Mariano Escobedo, Secretaría de Hacienda , Cuchilla del Tesoro y Vicentina . Las dos primeras corresponden a la zona de mayor concentración de dióxido de azufre (  $SO_2$  ) y las dos últimas a la zona de menor concentración de  $SO_2$  , según la Red de Monitoreo de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología .

Los resultados muestran que las especies estudiadas , presentan diferencias en cuanto a la susceptibilidad del follaje a los contaminantes .

En la zona "A" ( zona de alta concentración de  $SO_2$  ) la especie menos susceptible fué Eucalyptus camaldulensis y en la zona " B " ( zona de baja concentración de  $SO_2$  ) fué la especie Jacaranda mimosifolia . En las dos zonas ( A y B ) , Erythrina americana fué la especie más susceptible . En cuanto a la concentración de plomo (Pb) en el follaje , las especies Cupressus lindleyi y Jacaranda mimosifolia presentaron los valores más altos en la época de estiaje y en la zona de mayor concentración de contaminantes . En el caso del plomo presente en el suelo , se encontraron diferencias significativas entre la zona "A" y la zona "B" .

## I N T R O D U C C I O N

Ningún organismo es independiente de su medio, cada ser vivo constantemente influye y es influido por su rededor orgánico e inorgánico ( Treshow , 1970 ) .

El bosque es el habitat natural de los árboles, por lo que debe esperarse un mayor esfuerzo en los árboles urbanos que en los forestales ( Tattar , 1978 ), ya que al ocupar un lugar tan hostil como lo es una calle citadina , tendrían que luchar contra muchas influencias perjudiciales en su desarrollo y longevidad como por ejemplo , al estar rodeados de edificios , banquetas , calles , avenidas y bardas .

Es posible afirmar que hasta el momento , las especies arbóreas en la Ciudad de México han sido manejadas en forma caótica , ya que no se toman en cuenta las condiciones físicas de los sitios en los que se implantan los mismos , así como el tipo de crecimiento , forma y desarrollo que presentan ( Benavides , com.pers. ) lo que aunado al aumento constante de los contaminantes aéreos (  $SO_2$  , CO , Pb ,  $NO_3$ , PAN) y una escasa conciencia forestal de la población , los árboles en vez de vivir, sobreviven . Esto nos permite suponer que ciertas especies arbóreas sean menos tolerantes a la cantidad de contaminantes a que están expuestas , convirtiéndose en un problema a futuro , por su predisposición al ataque de plagas , enfermedades e incluso la muerte .

Hoy en día , científicos y técnicos de algunas ciudades en el mundo, conscientes del papel que juegan las áreas verdes en el ambiente físico urbano en el control de la contaminación , radiación solar , vientos y aunado a su papel en la arquitectura del paisaje , han iniciado trabajos tendientes a evaluar el beneficio de las mismas en las ciudades.

El caso de México Moderno es típico de un país en vías

de desarrollo , en donde hasta la fecha no se ha dado un gran impulso a esta actividad , a pesar de que la Ciudad de México cuenta con escasos  $2.5m^2$  de áreas verdes por habitante, que al ser comparados contra ciudades como San Francisco, California que cuenta con  $47m^2$  , Moscú con  $11m^2$  y París con  $7.4m^2$  resultan notoriamente escasos ( Herrera , 1983 ) .

La utilidad de los árboles en la ayuda para el control de la contaminación atmosférica es un campo nuevo de investigación , el cual ha despertado un gran interés . En los centros urbanos , los contaminantes atmosféricos se presentan en forma de gases orgánicos e inorgánicos o bien en forma de partículas . Los árboles eliminan los contaminantes gaseosos comunes mediante la absorción y adsorción en sus hojas o en la superficie de sus ramas y tronco . Los contaminantes en forma de partículas son eliminados por sedimentación después de su impacto con las superficies del árbol .

La vegetación urbana puede ayudar en el control de la contaminación del aire siempre y cuando se establezca un plan y se inicie la selección de especies . Se requieren estudios adicionales para seleccionar los árboles que sean más tolerantes a la contaminación del aire y los que sean más efectivos en la filtración y dilución de contaminantes atmosféricos . Estas especies de árboles tolerantes ofrecen un potencial considerable para mejorar la calidad del aire si se emplean como barreras o cinturones verdes al margen de las carreteras o en situaciones urbanas adversas ( Hitchings, s/a ) .

Trabajos de investigación como éste , que conducen a una mejor selección de especies tolerantes y apropiadas , podrían ayudar a las dependencias gubernamentales y organizaciones particulares en la planeación de programas de control de contaminación del aire .



Es importante asentar que los estudios urbanos deben tener un enfoque ecosistémico y que los árboles urbanos forman parte de dicho ecosistema .

Los estudios relativos al conocimiento de los árboles urbanos , deben considerarse como integrantes de sistemas más complejos , influidos por factores ecológicos , sociales, económicos y políticos .

La mejor alternativa para el adecuado conocimiento de los árboles urbanos , es la realización de estudios sobre la ecología urbana que permita diagnosticar en forma práctica y efectiva las condiciones de este importante elemento urbano.

## O B J E T I V O

Este trabajo se planteó como un estudio para conocer las tendencias que se presentan en las relaciones entre el arbolado urbano y los contaminantes aéreos en la Ciudad de México para lo cual se fijaron los siguientes objetivos :

- 1.- Conocer las especies arbóreas urbanas más susceptibles a los contaminantes atmosféricos presentes en la Ciudad de México ( tomando como indicador el  $SO_2$  ) , a través de observaciones cualitativas del estado físico de los árboles , en las zonas de alta y baja concentración de dióxido de azufre (  $SO_2$  ) .
- 2.- Determinar la concentración de plomo ( Pb ) en los árboles y suelos de las zonas seleccionadas en la Ciudad de México .
- 3.- Determinar las características físicas y químicas de los suelos donde se desarrollan los árboles urbanos .

## H I P O T E S I S

Dado que la vegetación arbórea urbana es afectada por la contaminación aérea , podemos decir , que este factor , puede dañar el estado fisiológico y sanitario de los árboles de la Ciudad de México .

## A N T E C E D E N T E S

Es indudable que el primer hombre sobre la tierra vivió rodeado de una gran variedad de plantas de muy diferentes formas y tamaños . Su existencia transcurrió en un estrecho contacto con el medio natural del cual formaba parte y dependía para su subsistencia . En México , existen antecedentes históricos que relatan el desarrollo de los excelentes parques y jardines en la época prehispánica genialmente contruidos por los aztecas , en sitios como Texcoco , Ixtapalapa , Chapultepec , El Peñón , Coyoacán , El Contadero y Oaxtepec ( Quintanar , 1972 ) .

Durante la colonia se crearon varios jardines como la Alameda , el Zócalo y muchos más que fueron formándose con el crecer de la ciudad y la prosperidad del Virreinato de la Nueva España . Desafortunadamente , con el transcurso del tiempo y desarrollo de la Ciudad de México , se fueron destruyendo varios parques y jardines como sucedió con el jardín del Zócalo , el de Balbuena , el de Santiago Tlatelolco , el de San Lucas ( Quintanar , 1972 ) .

En el presente siglo , durante los años de la década de los diez y veintes , existió gran preocupación por organizar un "servicio de arbolado" para la Ciudad de México . De la Vega ( 1923 ) citado por González ( 1984 ) , estimó que la Ciudad de México tenía necesidad de 200 mil árboles de alineación , de los cuales únicamente se habían plantado 50mil y de éstos últimos , se estimó que habían muerto 15 mil , 10 mil estaban próximos a perecer y 20mil serían decréditos muy pronto . Por otra parte , una gran cantidad de ellos (35mil) estaban en sitios inadecuados ; por lo que podría decirse que los árboles urbanos sobrevivían más bien que vivir , en un medio rodeado de condiciones desfavorables .

## FACTORES QUE AFECTAN LA VEGETACION URBANA

La situación que afrontan las plantas en el medio urbano previste caracteres de gravedad muy serios ; la gran mayoría de los árboles y arbustos que sobreviven en nuestras ciudades , no tienen el espacio vital necesario para el desarrollo de sus raíces , ramas y follaje ; las restricciones que les impone el asfalto y el concreto así como los servicios de agua potable , drenaje , líneas eléctricas y telefónicas , les hace crecer en condiciones "infravegetales " (Corona, 1974 ) .

Las plantas respiran también a través de sus raíces y cuando el suelo se ha compactado por la acción del pavimento y banquetas o por el tránsito constante de personas , el oxígeno no puede llegar hasta las raicillas que realizan la captación de este gas vital , estas plantas están condenadas a una muerte lenta . Hay ocasiones en que algunos árboles tienen la vitalidad para levantar el pavimento y las banquetas o para destruir los cimientos de una casa , pero aún en estos casos su muerte está sellada , ya que hay que escoger entre la casa o el árbol ( Corona , 1974 ) .

Las deficiencias nutricionales y de riego , el excesivo calor reflejado , daños mecánicos y la presencia de agentes tóxicos en el suelo , agua y aire son otros de los factores importantes que hacen difícil la existencia de las especies vegetales en el medio urbano .

Corona ( 1974 ) , comenta que quizá el factor más importante que afecta el crecimiento normal de árboles y arbustos en la Ciudad de México es una provisión de agua insuficiente para cubrir sus necesidades . Un síntoma típico de falta de agua son las quemaduras que presentan los bordes de las hojas ; esto es muy común en árboles de hojas deciduas , especialmente durante los meses secos y calientes y

en zonas donde el suelo está cubierto con materiales impermeables . En estas condiciones , el agua no puede penetrar en el suelo y las raíces no pueden compensar la pérdida excesiva de agua que a través del follaje se efectúa por medio de la transpiración . Las hojas primeramente se marchitan y después muestran quemaduras en los bordes que , poco a poco , se van extendiendo por toda la lámina de la hoja , adquiriendo una coloración morena y finalmente mueren .

Entre los daños mecánicos del tronco y follaje más comunes , están los ocasionados por vehículos de motor , bicicletas , vándalos , niños y aún adultos sin el más elemental sentido común . Los troncos de los árboles son los más afectados por estas " muestras de afecto " . Las heridas causadas deberían atenderse inmediatamente , cortar la corteza floja con una navaja bien afilada y la madera expuesta se debería cauterizar con pintura ( Corona , 1974 ) .

Son numerosas las sustancias químicas que pueden causar daños en las plantas . En las inmediaciones de talleres mecánicos o gasolineras se pueden encontrar residuos de gasolina , aceite , grasas , agua acidulada para batería , detergentes para el lavado de coches . La variedad de contaminantes del agua con que se riegan las plantas es muy grande y va desde los mencionados anteriormente hasta el agua sucia de un puesto de fritangas ( Corona , 1974 ) .

Finalmente es necesario mencionar la contaminación del aire y sus efectos en las plantas . Ahora bien , ¿ qué entendemos por contaminación del aire ? . Existen diversas definiciones al respecto , sin embargo la mejor a nuestro parecer es la que emite el Consejo de Europa en 1967 : " Hay contaminación del aire , cuando la presencia de una sustancia extraña o la variación importante en la proporción de sus constituyentes , es susceptible de provocar efectos perjudiciales o de crear molestias en los seres vivos " .

Los problemas de la contaminación del aire han llegado

a ser de máxima importancia , pues es bien conocido que los perjuicios causados a las plantas se han venido observando desde hace por lo menos un siglo ( Ross , 1974 ) .

Las plantas en general pueden tolerar una cierta cantidad de contaminantes sin mostrar signos de daño , aunque es conocido que existen especies y variedades que presentan varios grados de susceptibilidad ; sin embargo , cuando una cantidad presente excede una cierta dosis , los efectos adversos resaltan en las plantas ( Mukammal et al. 1968; Scurfield , 1960 ) .

Hindawi ( 1970 ) , señala que la hoja es el primer indicador de los nocivos efectos de la contaminación del aire. Su estructura juega un papel muy importante en la formación de carbohidratos y otros productos nutritivos vitales de la planta . Por lo tanto un daño a las hojas afectaría a toda la planta .

Cuando la vegetación es perjudicada por un contaminante del aire , generalmente presenta síntomas característicos de reacción específica a dicho contaminante , puesto que el contaminante generalmente experimenta alguna reacción química al entrar en contacto con la planta . Los síntomas suelen ser la única prueba que queda del ataque del compuesto tóxico y por lo tanto , constituyen la principal base para el diagnóstico . Las observaciones de los daños producidos en las plantas sensibles , han proporcionado un medio de avisar que hay emisión de contaminantes en alguna parte y han constituido una valiosa herramienta para determinar la distribución geográfica de un contaminante en una amplia zona ( Brennan , 1967 ) .

Existe un gran número de contaminantes aéreos que aún a bajas concentraciones influyen gravemente en la vida vegetal . Una concentración elevada puede ocasionar desde una reducción del crecimiento - difícil de determinar - hasta el exterminio completo de la planta . Entre ambos extremos

se puede percibir la destrucción del tejido foliar , la clorosis y alteraciones de crecimiento ( Ross , 1974 ) .

#### CARACTERISTICAS DE LA CUENCA DEL VALLE DE MEXICO .

El aumento del área urbanizada y el crecimiento correspondiente de las industrias , ha traído consigo una creciente contaminación del aire capitalino , que se ha hecho patente por la reducción gradual de la visibilidad atmosférica observada en la ciudad en los últimos años ( Jáuregui, 1958 ) .

Bauer ( 1972 ) , menciona que el Valle de México puede considerarse como un sitio ideal para el estudio de los efectos de los contaminantes aéreos nocivos a los seres vivos, ya que presenta las siguientes características :

- a) Valle circundado de montañas .
- b) Afluencia de rayos ultravioleta .
- c) Circulación de aproximadamente 2.5 millones de vehículos de motor .
- d) Presencia de Zonas Industriales .
- e) Prevalencia de vientos en calma ( velocidad menor de 1.5 m/seg ) .

Estas características favorecen la formación de otros contaminantes ( preferentemente los de tipo secundario ), interfieren en la dispersión de los contaminantes y facilitan su acumulación . Esta misma autora , menciona que con base en lo anterior , se consideró la posibilidad de que la vegetación nativa e introducida en esta área geográfica estu

se puede percibir la destrucción del tejido foliar , la clorosis y alteraciones de crecimiento ( Ross , 1974 ) .

#### CARACTERISTICAS DE LA CUENCA DEL VALLE DE MEXICO .

El aumento del área urbanizada y el crecimiento correspondiente de las industrias , ha traído consigo una creciente contaminación del aire capitalino , que se ha hecho patente por la reducción gradual de la visibilidad atmosférica observada en la ciudad en los últimos años ( Jáuregui, 1958 ) .

Bauer ( 1972 ) , menciona que el Valle de México puede considerarse como un sitio ideal para el estudio de los efectos de los contaminantes aéreos nocivos a los seres vivos, ya que presenta las siguientes características :

- a) Valle circundado de montañas .
- b) Afluencia de rayos ultravioleta .
- c) Circulación de aproximadamente 2.5 millones de vehículos de motor .
- d) Presencia de Zonas Industriales .
- e) Prevalencia de vientos en calma ( velocidad menor de 1.5 m/seg ) .

Estas características favorecen la formación de otros contaminantes ( preferentemente los de tipo secundario ) , interfieren en la dispersión de los contaminantes y facilitan su acumulación . Esta misma autora , menciona que con base en lo anterior , se consideró la posibilidad de que la vegetación nativa e introducida en esta área geográfica estu



viere resultando afectada , por ello , en 1971 se inició mediante el uso de plantas indicadoras seleccionadas por su alta sensibilidad a gases oxidantes , una serie de exposiciones de las mismas en diversos sitios del área metropolitana . Los resultados de tales exposiciones permitieron concluir que en el área de estudio , existen concentraciones fitotóxicas de ozono , bióxido de azufre , óxido de nitrógeno y nitrato de peroxiacetilo que afectan a la vegetación .

Jáuregui ( 1958 ) , comenta que las principales fuentes de emisión de impurezas industriales , se encuentran localizadas en el sector norte de la ciudad y las montañas cercanas del oeste y sur del Valle de México impiden parcialmente un rápido drenaje lateral del aire contaminado , que avanza sobre la ciudad generalmente de norte a sur ( los vientos predominantes son NW-N-NE ) . Gran parte de las fábricas de la ciudad difunden en el aire por sus chimeneas productos de combustión , sólidos y gaseosos ; las impurezas sólidas son de tamaño suficientemente pequeño ( diámetro común : medio milésimo de milímetro ) como para mantenerse un tiempo determinado en suspensión , depositándose después en el suelo . Los materiales orgánicos evaporados de gasolinerías y refinerías, los provenientes de la combustión del gas natural así como lo que emiten por sus escapes los miles de vehículos , contribuyen en no pequeña cantidad a aumentar la turbiedad del aire ciudadano .

#### CONTAMINANTES AEREOS .

Los contaminantes aéreos de la vegetación se pueden clasificar en dos grupos :

- a) Contaminantes Primarios .- Son mortales para las plantas; entre ellos se encuentran el bióxido de azufre (  $SO_2$  ), el

monóxido de carbono ( CO ) ( Mansfield , 1970 ) .

- b) Contaminantes Secundarios. - Estos se forman por reacciones posteriores a su emisión , esta reacción puede tener lugar en el punto de origen o en lugares lejanos , según la velocidad de reacción de los contaminantes ( Turk et al . , 1973 ; Ross , 1974 ) . En este grupo se encuentran el ozono y el P.A.N. ( nitrato de peroxiacetilo ) .

En el Valle de México , la concentración de plomo y azufre es superior a la concentración de estos contaminantes en las ciudades de Estados Unidos , debido a que nuestras gasolininas contienen los porcentajes más altos de plomo y azufre , por ejemplo , la gasolina Pemex 100 que se utilizó en México hace años superaba el contenido de plomo a todas las gasolininas del mundo , excepto la que se expedía en Jordania y en las Islas Malvinas ( Bravo , 1969 ) .

El presente trabajo se enfocará a los contaminantes primarios bióxido de azufre ( SO<sub>2</sub> ) y plomo ( Pb ) por su efecto sobre la vegetación de la Ciudad de México y por razones de tipo técnico que se mencionarán posteriormente .

## BIOXIDO DE AZUFRE .

El humo de las chimeneas de las industrias , de las calderas de baños públicos , de los hornos de panaderías , incineradores domésticos , estufas de petróleo , anafres de carbón , refineries de petróleo , plantas químicas y plantas generadoras de electricidad , contienen uno de los compuestos químicos más tóxicos para el follaje de las plantas, el bióxido de azufre (  $SO_2$  ) ( Corona,1974 ) .

El daño que produce el bióxido de azufre a las plantas, puede ser agudo o crónico ; el primero se presenta cuando el contaminante es absorbido por la planta rápidamente y el segundo cuando la absorción es lenta y duradera aunque sea a niveles subletales. El daño agudo se muestra claramente marcado por tejido muerto entre las venas o en los márgenes ; el daño crónico es marcado por áreas rojo-café , o blanqueadas en el filo de la hoja . El daño a las plantas se puede presentar desde 0.3p.p.m. durante un periodo de 8 horas ( Tattar,1978).

El tejido mesófilo se afecta y los cloroplastos se plasmolizan y blanquean . El tejido esponjoso se afecta más que el de empalizada y bajo condiciones severas , la epidermis se plasmoliza . El raquis y las venas grandes permanecen intactas aunque la mayor parte de la hoja se colapse (Hindawi,1970).

El examen histológico de una lesión que empieza a desarrollarse , revela que las células del mesófilo que se encuentran cerca de los estomas se colapsan . Esto sucede no sólo a causa de la toxicidad del bióxido de azufre ( $SO_2$ ) , sino también por otras razones . La ausencia de células colapsadas del tejido mesófilo , cerca de las áreas necróticas , permite suponer que el  $SO_2$  no fué el causante de la necrosis , pero la presencia de éstas , debido a su naturaleza , no establece la toxicidad del  $SO_2$  como causante definitiva (A.S.A. s/a).

Rao and Le Blanc ( 1966 ) en Mudd ( 1975 ) , mostraron que cuando un líquen , Xanthoria fallax es expuesto al  $SO_2$  ,

hay una conversión de la clorofila a feofitina . Esto mismo ocurre cuando el pH de la planta disminuye , ya que hay pérdida de magnesio , lo que podría explicar que el efecto del  $\text{SO}_2$  en los vegetales es el mismo , es decir , provoca la pérdida de magnesio .

Generalmente se acepta que el daño por  $\text{SO}_2$  depende de su entrada a través de los estomas , así como de las condiciones que favorecen la apertura de los mismos durante la exposición . Por ejemplo , cuando la planta se encuentra en déficit hídrico , los estomas se cierran y de esta manera la planta se protege del daño ( Mudd , 1975 ) .

La humedad ambiental también ejerce una influencia marcada sobre la apertura de los estomas y la respuesta de la planta al bióxido de azufre (  $\text{SO}_2$  ) . Las plantas que se encuentran en una humedad relativa del 30% , son cerca de 3 veces más tolerantes al  $\text{SO}_2$  que las que están expuestas a una humedad relativa del 100% ( A.S.A., s/a ) .

Hindawi ( 1970 ) , menciona que las plantas son particularmente sensibles al  $\text{SO}_2$  durante los periodos de luz intensa y temperaturas moderadas . En la temporada de crecimiento , ( primavera y principios de verano ) aumenta aún más su sensibilidad . Se dañan más las plantas que están expuestas de las 10 A.M. a las 2 P.M. que en las primeras horas del día ; en la noche cuando los estomas están cerrados , el daño es menor. En presencia de niebla , neblina , llovizna y rocío , un bajo nivel de  $\text{SO}_2$  puede causar daño al follaje ; sin embargo una lluvia fuerte tiene el efecto contrario , ya que lava la superficie de las hojas .

## PLOMO

El plomo (Pb) es un metal blando , de color gris azulado o plateado , que puede ser acumulado en las superficies vegetales como son las hojas y ramas . Smith ( 1978 ) reporta haber encontrado en las superficies de varios árboles urbanos acumulaciones considerables de este metal ; este hecho es de suma importancia ya que el plomo procede de la gasolina en donde es utilizado como antidetonante .

La atmósfera es la vía principal para el transporte y distribución del plomo desde fuentes estacionarias o móviles a otros medios ambientales . También puede haber en forma directa abundantes descargas en aguas naturales , en los suelos y en las plantas ( Patterson , 1965 ) citado por la O.P.S. ( 1979 ) .

La transferencia del plomo atmosférico a la biota puede ser directa o indirecta . En el caso de las plantas , el aporte de plomo depositado puede ser directo a través de las hojas y ramas , o indirecto por conducto del suelo . Parece que el estado de crecimiento influye considerablemente en el modo y grado de acumulación . Mitchell y Reith ( 1969 ) observaron que el contenido de plomo de ciertas plantas aumentaba diez veces o más , durante el periodo de crecimiento activo hasta el momento en que este cesaba a finales del otoño . Algunos árboles son capaces de acumular elevadas concentraciones de plomo .

Kennedey ( 1966 ) , informó que las copas de abetos y pinos blancos contenían 100mg de plomo por Kg de peso en seco cuando crecían en zonas de minas de Idaho ., donde la concentración de plomo en el suelo era de 20,000mg/Kg .

La concentración total de plomo en el suelo no guarda relación exacta con la concentración en la planta , si bien existe correlación cuando se reajustan los valores en función

del grado en que el plomo del suelo puede transferirse a una solución acuosa de lactato de amonio y ácido acético ( Kerin et al ., 1972 ) citado por la O.P.S. ( 1979 ) .

Es pues indudable que las plantas toman plomo del suelo y del aire , si bien existen grandes diferencias entre especies ( Dedolph et al ., 1970 ) . No parece probable sin embargo , que el plomo depositado en las hojas de las plantas pase fácilmente a otras partes . Por ejemplo Terr Harr (1970 ) citado por la O.P.S. ( 1979 ) , demostró mediante estudios en invernadero que una concentración en el aire de  $1.45 \text{ mg/m}^3$  no influyó en el contenido de plomo en tomates , frijoles, zanahoria , papas , trigo y col , pero sí en el de las hojas de la lechuga y frijoles .

En estaciones de muestreo urbanas de los Estados Unidos, se ha registrado una concentración media de  $1.1 \text{ mg/m}^3$  ; en estaciones no urbanas la concentración media era de  $0.10 \text{ mg/m}^3$  y en zonas muy distantes de la ciudad es de  $0.02 \text{ mg/m}^3$  (O.P.S. 1979 ) . En esta publicación se indica que en el ambiente de las calles de intenso tránsito , existe una mayor concentración que en las zonas rurales . Se observa pues , que los asentamientos no urbanos tienen menos de  $0.5 \text{ mg/m}^3$  , en tanto que los urbanos presentan valores que oscilan entre 1 y  $5-10 \text{ mg/m}^3$  . Los niveles más elevados se han registrado en carreteras durante las primeras horas del día (  $14-25 \text{ mg/m}^3$  ) .

#### ESTACIONES DE MUESTREO .

El método tradicional de muestreo de la contaminación comprende el uso de muestreadores de concentraciones ambientales en puntos localizados , en los cuales el aire es pasado a través de alguna forma de medidor , el cual continuamente muestréa concentraciones de gas o partículas . Estos mues -

treadores pueden estar colocados en lugares estratégicos alrededor de ciudades y zonas industriales, a fin de adquirir información sobre la concentración y distribución en el espacio de contaminantes . A causa del costo de tal equipo , las redes de estaciones que existen , son pocas, y aún más , los lugares en donde se encuentran los medidores han sido a menudo condicionados por la localización de edificios municipales y otras propiedades públicas ( SSA , 1973 ) .

Los problemas de la contaminación del aire han llegado a ser de máxima importancia con el crecimiento de las poblaciones y al incremento acelerado de la industrialización . Como resultado de esto , los requerimientos para la vigilancia de la calidad del aire y la introducción de medidas de control más estrictas , asumen una mayor importancia para limitar la contaminación del aire ; aún más , el muestreo es requerido para proporcionar las advertencias de niveles peligrosos de contaminación a fin de poder tomar medidas de emergencia para atenuar tales condiciones ( SSA , 1973 ) .

En el caso de la Ciudad de México, la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología ( SEDUE ), mantiene una red de monitoreo, y las estaciones se encuentran localizadas por toda la Ciudad de México (Tabla 1, Fig.1). Con datos proporcionados por dicha dependencia , en lo referente a la concentración del contaminante bióxido de azufre ( $SO_2$ ) , se elaboraron gráficas para conocer las zonas de alta y baja concentración de  $SO_2$ , en el área metropolitana . Dichas gráficas indican las zonas más afectadas por los altos y bajos niveles de concentración de este contaminante ( Gráfica 1 y 2 ) .

Las zonas más afectadas por altos niveles de concentración son principalmente : el norte y el noreste de la ciudad, pues son áreas sumamente áridas, poco arboladas, con gran actividad industrial y gran número de vehículos que circulan -

Tabla 1 . Ubicación de estaciones de monitoreo manual .

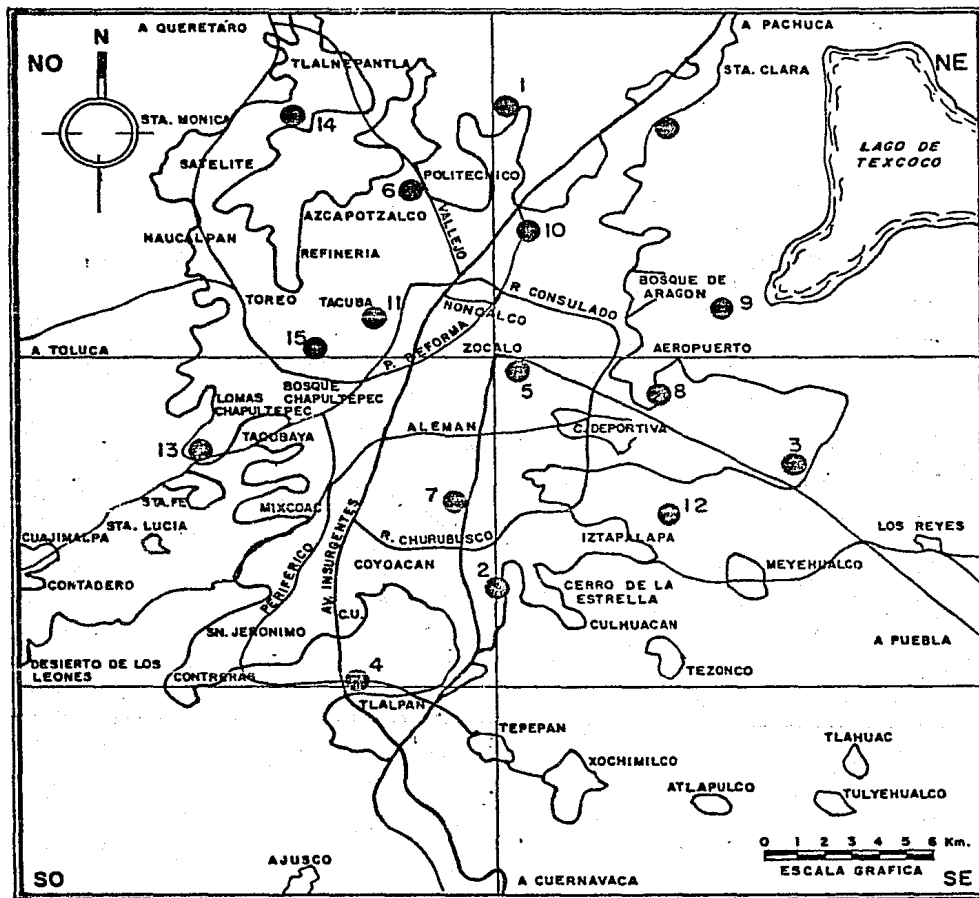
ZONA ESTACION	CLAVE	UBICACION
CENTRO MUSEO	MU	Pino Suárez y Rep. del Salvador, Museo de la Ciudad de México .
NOROESTE VALLEJO	VA	Poniente 140 entre Norte 54 y Norte 45, Col. Industrial Vallejo " Condumex " .
MARIANO ESCOBEDO	ME	Mariano Escobedo y Mar Negro Centro de Salud.
SECRETARIA DE HACIENDA	SH	Calzada de Legaria esquina con la avenida Casa de la Moneda .
NORESTE XALOSTOC	XA	Carretera México-Pachuca Km.13.5 Volkswagen Santa Clara .
VILLA	VI	5 de Febrero y Victoria, Col. Villa Gustavo A. Madero. Centro de Salud .



ZONA	ESTACION	CLAVE	UBICACION
NORESTE		LP	Excursionistas s/n., Col. La Presa Centro de Salud " Lázaro Cárdenas" .
LA PRESA			
CUCHILLA DEL TESORO		CU	Poniente 1 y Av. Cuchilla del Tesoro, Escuela Primaria .
SUROESTE		FA	J.F. Kennedy s/n ., Col. Isidro Fabela , Escuela Primaria " Felipe Angeles " .
FELIPE ANGELES			
PORTALES			
LOMAS		LO	Centro Bosques de las Lomas ., Edificio Industrial Resistol .
SURESTE		TX	Av. Taxqueña 1811 ., Col. San Francisco Culhuacán , Escuela Primaria "Candido Jaramillo".
TAXQUEÑA			

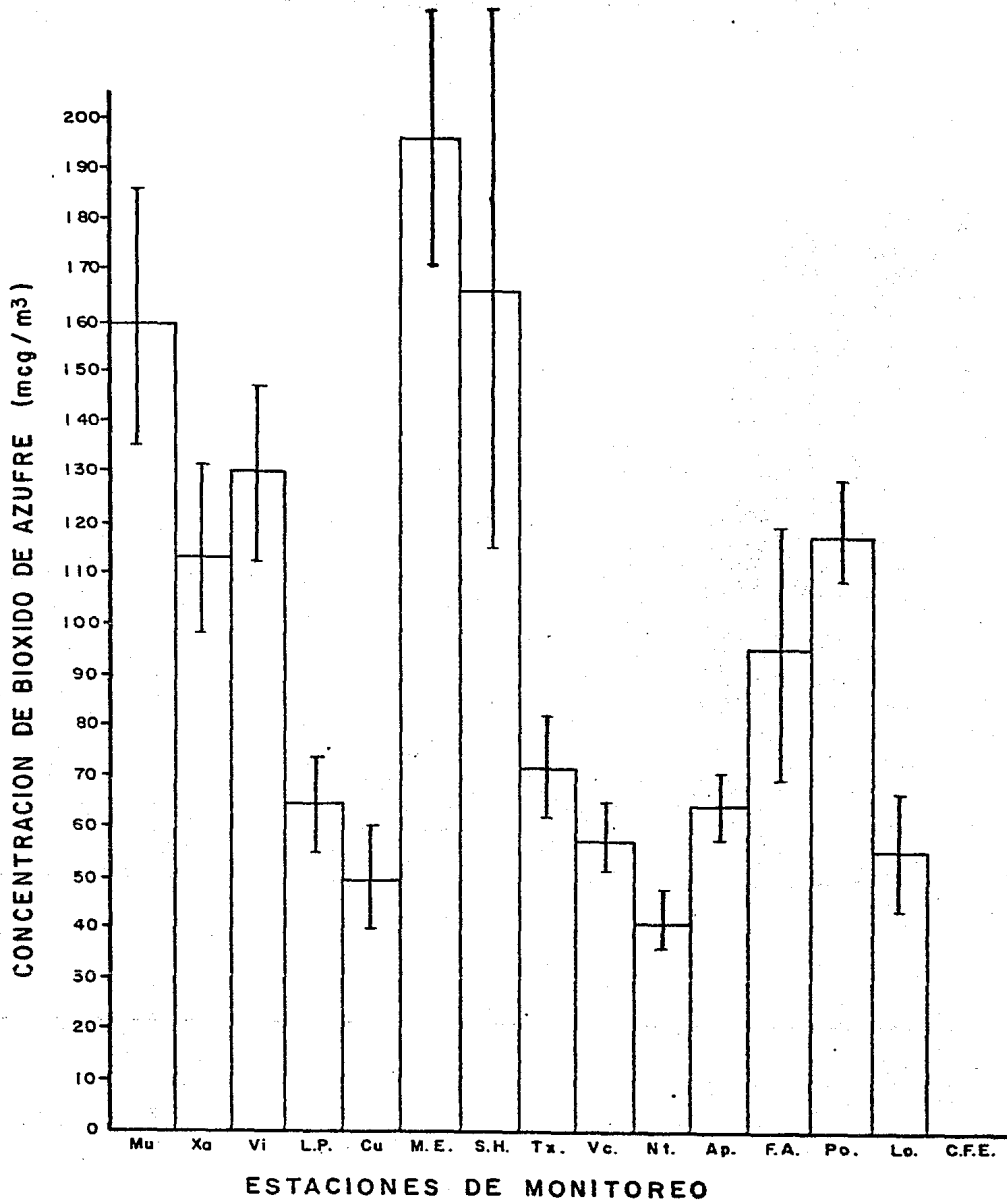
ZONA	ESTACION	CLAVE	UBICACION
SURESTE			
VICENTINA		VC	Calle 11 y Sur 21 , Zona Urbana Ejidal de Ixtapalapa, Escuela " Ciudad Vicentina "
NETZAHUALCOYOTL		NT	Angel de la Independencia y Escalerillas, Col. Evolución Centro de Salud .
AEROPUERTO		AP	Boulevard Hangares No. 235, Col. Federal C.I.A.A.C. Est. Automática No. 14 .

# LOCALIZACION DE LA RED MANUAL EN EL VALLE DE MEXICO



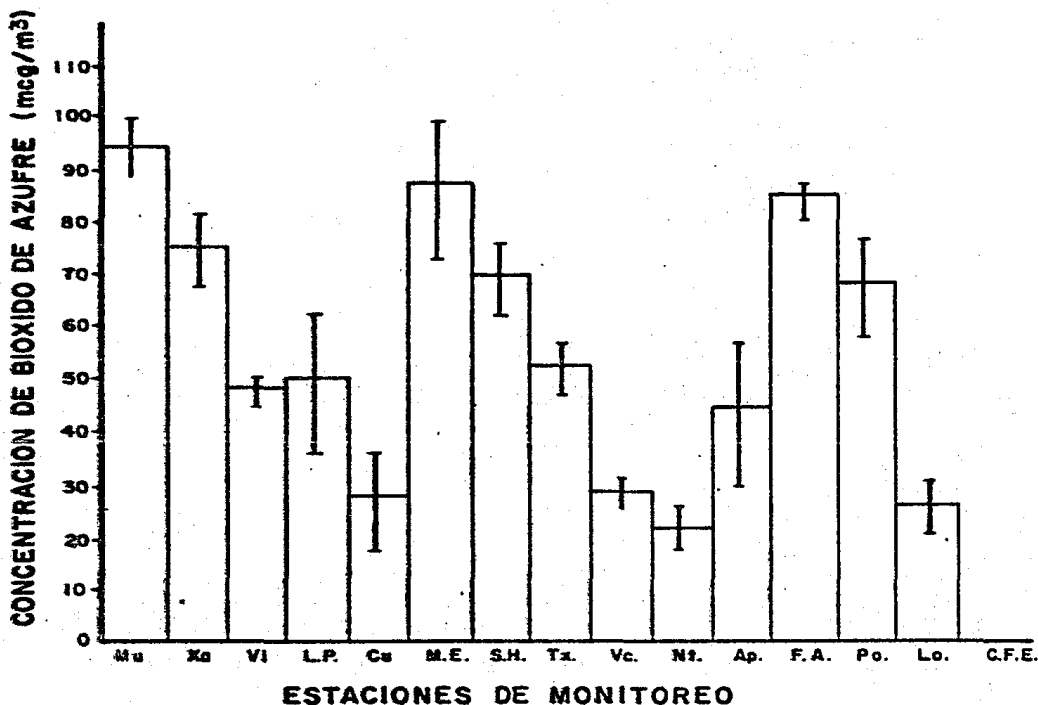
CENTRO	SW	SE	NE	NO
5. - MUSEO	4 F. A.	2 Tx.	15 Xa.	6 Va.
	7 Po	12 Vc.	10 Vi.	14 St.
	13 Lomas	3 Nt.	1 L. P.	11 Me.
		8 Ap.	9 Cu	15 SH.

Fig. 1 Localización de las estaciones de la Red de Monitoreo de la SEDUE.



### GRAFICA 4

Concentración media semestral por estación, de Bióxido de Azufre (mcg/m<sup>3</sup>) de los meses de Noviembre a Abril de 1982 (estiaje) de la Red Manual de Monitoreo Atmosférico del Valle de México. (SEDFUE)



## GRAFICA 2

Concentración media semestral por estación, de Bióxido de Azufre ( $\text{mcg}/\text{m}^3$ ) de los meses de Mayo a Octubre de 1982 (LLuvias) de la Red Manual de Monitoreo Atmosférico del Valle de México (SEDUE).

por esas zonas .

Las zonas menos afectadas son las del oeste, sur, sureste y suroeste, pues son áreas arboladas, con poca o nula actividad industrial y menor tránsito de vehículos (S.A.H.O.P.1979).

#### BENEFICIOS DE LAS AREAS ARBOLADAS

Los beneficios de los bosques y áreas verdes dentro de las zonas urbanas son muy amplios, ya que van desde mejorar el paisaje hasta efectivos purificadores del aire ( Gray y Deneke, 1978 ) .

La forma en que ayuda la vegetación urbana es por medio de interceptar, reflejar, absorber y transmitir la radiación solar, lo cual disminuye la temperatura y crea un ambiente más fresco y húmedo debido a la transpiración de las plantas (Ven Pelt, 1982 ; Gray y Deneke, 1978 ) . Aún más, los árboles son excelentes aires acondicionados debido a la transpiración ( Hitchings ,s/a ) y pueden reducir el gasto energético de una casa entre un 10% o 20% debido a la calefacción ( en invierno ) o aire acondicionado según sean las necesidades (Moeller,1981). Es indudable que sería una ventaja económica plantar árboles en los lados sur y oeste de cualquier edificio expuesto al sol por esos lados. Si se desea recibir el calor del sol durante el invierno se necesita plantar árboles deciduos solamente . Con árboles perennes , se puede calcular el ángulo del sol para permitir el paso de luz solar durante el invierno al exterior o al interior del edificio ( Hitchings s/a ) .

Los árboles y bosques reducen la contaminación del aire. Recientes investigaciones han demostrado que los árboles sí funcionan como otra cuenca biológica que continuamente asimila la contaminación natural o la inducida por el hombre . Los árboles son la principal cuenca terrestre para absorber la contaminación en zonas templadas con vegetación de follaje ancho. Este tipo de vegetación es la más eficaz para asimilar dese -

chos del aire dado la favorable relación entre superficie y volumen de su follaje ( Corona , 1974 ) .

Robinet ( 1972 ) citado por Gray y Deneke ( 1978 ) comenta que en estudios hechos en la U.R.S.S., se llegó a determinar que una barrera de árboles de 500 metros de ancho que rodee a una fábrica contaminante , puede llegar a reducir la concentración de bióxido de azufre (  $SO_2$  ) en el aire en un 70% .

Los contaminantes aéreos en forma de polvos o partículas pueden ser removidas del aire por sedimentación , impactación eólica o acumulación por precipitación (Smith ,1978 ; Hitchings s/a ) , los árboles juegan un papel importante en el aspecto de impactación eólica ya que las masas forestales ejercen un filtrado del aire y retienen los polvos( Decourt , 1978 ) y pueden llegar a interceptar entre un 25% y 38% de las partículas suspendidas ( Moeller , 1981 ) .

Los metales pesados pueden ser acumulados en las superficies vegetales como son las hojas y ramas ( Smith , 1978 ) .

Otro beneficio de la vegetación es su papel antimicrobiano . Decourt ( 1978 ) cita que recientes investigaciones soviéticas han demostrado el efecto bactericida de sustancias emitidas por las hojas de algunas especies ; entre estas se citan a los fresnos , liquidamars , pinos y abetos . Los árboles ayudan también a enmascarar malos olores reemplazados con los naturales ( Gray y Deneke , 1978 ) .

Por último cabe mencionar que se debe tomar en consideración que los problemas tienen que analizarse como un conjunto muy complejo y que únicamente se tendrán bases firmes para la planificación racional de los asentamientos humanos , cuando se considere las complejas interrelaciones entre el hombre y su entorno y entre los asentamientos urbanos y la zona que los rodea (Boyden y Celecia, 1981) citados por González (1984) .

## MATERIAL Y METODO

Con el fin de conocer la cantidad y distribución de los contaminantes atmosféricos en la Ciudad de México , se solicitaron los datos registrados por la Red de Monitoreo de la Dirección General de Prevención de la Contaminación Ambiental de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología ( SEDUE ) , la cual , los reporta por estaciones ( anteriormente mencionadas ). Al realizar dicha solicitud , el equipo utilizado por la dependencia oficial sólo registraba los contaminantes  $SO_2$  y partículas en suspensión , por lo que se decidió , tomar solamente al bióxido de azufre (  $SO_2$  ) como indicador de la contaminación presente en esas zonas , empero es obvio que pueden estar actuando otros contaminantes aéreos como el ozono , óxidos de nitrógeno, u otros hidrocarburos .

Con base en los datos de bióxido de azufre (  $SO_2$  ) , se separaron dichas estaciones en tres grupos :

ESTACIONES DE ALTA CONCENTRACION (120-160mcg/m<sup>3</sup>)

Museo  
Mariano Escobedo  
Secretaria de Hacienda  
La Villa  
Xalostoc  
Vallejo

ESTACIONES DE MEDIANA CONCENTRACION (60-115mcg/m<sup>3</sup>)

Taxqueña  
Felipe Angeles  
Portales  
Aeropuerto



**ESTACIONES DE BAJA CONCENTRACION (40-59mcg/m<sup>3</sup>)****Cuchilla del Tesoro****Lomas****Vicentina****Netzahualcoyotl**

Para la realización del presente trabajo se consideraron solo las estaciones de los extremos, es decir, las de alta y baja concentración de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y se realizaron recorridos en éstas, para conocer las características que se presentaban en cada una de ellas.

1. Con base en lo anterior se eligieron dos estaciones de alta concentración y dos de baja concentración por reunir condiciones adecuadas para la realización de este trabajo, siendo la principal, el presentar un gran número de árboles adultos (mayores de 1.5m de altura), y facilidad de acceso. En la fig.2 se muestra el lugar donde se localizan las estaciones elegidas para el desarrollo del trabajo y en la tabla No. 2 se detalla su posición.

2. En cada una de las estaciones de monitoreo, se consideraron 500m de radio alrededor de cada una de ellas, con el fin de tener la certeza de que las concentraciones que determinan las estaciones fueran similares al lugar de trabajo.

Se procedió a hacer un muestreo preliminar para determinar las especies más utilizadas en las estaciones ya mencionadas, dichas especies se muestran en la tabla No. 3.

Las primeras seis especies se descartaron por no encontrarse un gran número de ellas en las estaciones estudiadas, por lo que en la tabla No. 4 se muestran las especies utilizadas en el presente trabajo.

3. En cada estación se realizaron las siguientes actividades:



Tabla 2 . Localización de las cuatro estaciones elegidas para el desarrollo del trabajo .

NOMBRE DE LA ESTACION	CLAVE	LOCALIZACION
VICENTINA *	VC	Calle Sur 11 esquina con Sur 21, Col. Vicentina .
CUCHILLA DEL TESORO *	CU	Calle Poniente 1 esquina con la avenida Cuchilla del Tesoro .
MARIANO ESCOBEDO **	ME	Calle Mar Negro esquina con la Av. Mariano Escobedo, Col. Popotla .
SECRETARIA DE HACIENDA **	SH	Calzada de Legaria esquina con la avenida Casa de la Moneda .

#### S I M B O L O G I A

\* Estaciones de baja concentración de bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) .

\*\* Estaciones de alta concentración de bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) .

Tabla 3 . Especies arbóreas más frecuentes en las zonas de trabajo .

NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA
<u>Casuarina equisetifolia</u>	Oleaceae
<u>Cupressus lindleyi</u>	Pinaceae
<u>Erythrina americana</u>	Leguminosae
<u>Eucalyptus camaldulensis</u>	Myrtaceae
<u>Ficus</u> sp.	Moraceae
<u>Fraxinus udhei</u>	Oleaceae
<u>Jacaranda mimosifolia</u>	Bignoniaceae
<u>Ligustrum lucidum</u>	Oleaceae
<u>Liquidambar straciflua</u>	Hamamelidaceae
<u>Populus</u> sp.	Salicaceae
<u>Salix babilonica</u>	Salicaceae
<u>Ulmus</u> sp.	Ulmaceae

Tabla 4 . Especies elegidas para el desarrollo de este trabajo, por su abundancia en las zonas de estudio .

NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	NOMBRE COMUN
<u>Cupressus lindleyi</u> Krotzsch.	Pinaceae	Cedro blanco .
<u>Erythrina americana</u> Mill.	Leguminosae	Colorín .
<u>Eucalyptus camaldulensis</u>	Myrtaceae	Eucalipto .
<u>Fraxinus udhei</u> Wenz .	Oleaceae	Fresno .
<u>Jacaranda mimosifolia</u>	Bignoniaceae	Jacaranda .
<u>Salix babilonica</u> L.	Salicaceae	Sauce llorón .

- a) Evaluación del arbolado a los contaminantes , tomando como indicador el bióxido de azufre (  $SO_2$  ) .
- b) Análisis Químico del Follaje .
- c) Análisis Químico y Físico del Suelo .

a) Evaluación del Arbolado .

Con el fin de unificar un criterio en el momento de la toma de datos , se elaboraron dos tablas ( cuadros 1 y 2 ), la primera denominada estado físico del follaje , la cual se basó en la información obtenida de síntomas de contaminación , presencia de plagas , síntomas de enfermedades y daños mecánicos y la segunda denominada estado físico del tronco , la cual se basó principalmente en daños mecánicos .

Respecto a síntomas de contaminación , se consultaron libros que reportan daños causados por ésta , específicamente bióxido de azufre (  $SO_2$  ) y plomo ( Pb ) ( Scurfield, 1966 ; Tattar , 1978 ; Hindawi , 1970 ) y con base en esta información , se procedió a la elaboración de las tablas citadas , para poder identificar en cierta forma estos daños , ya que hasta para los expertos es difícil dicha identificación .

Con base en estas tablas , se efectuaron las observaciones del follaje y tronco en las zonas de alta y baja concentración con el fin de evaluar el arbolado , dándole el número que le correspondía a cada árbol , es decir , si un árbol presentaba un follaje regular , con el 25% de éste con manchas café y rojizas , un 25% con clorosis y además el 25% del follaje presenta el ápice de la hoja seco, presencia de polvo e insectos , se le asignaba un valor para ese caso de 3, es decir, Regular , haciendo lo mismo en el caso del tronco. Cabe comentar que estos valores se determinaron en forma cualitativa siguiendo para esto un criterio bien definido y apegado a los valores mencionados anteriormente , para de esta forma determinar la probable susceptibilidad de las di

## CUADRO 1 .

## Observaciones del Estado Físico del Follaje .

1S	SANO	Follaje denso y sin daño aparente .
2B	BUENO	Follaje regular , presencia de clorosis (amarillamiento ) en el 25% del follaje .
3R	REGULAR	Follaje regular , presencia de clorosis del 25 al 50% del follaje , el 25% presenta manchas café y rojizas en el centro de la hoja ( internerval ) y el 25% presenta el ápice de la hoja seco , presencia de polvo e insectos.
4M	MALO	Follaje ralo , presencia de clorosis del 51 - al 75% del follaje , el 50% presenta manchas café o rojizas en el centro de la hoja , el 25% presenta daño por ataque de insectos , del 80 al 100% presenta polvo y grasa, hojas del nivel inferior del árbol afectadas por daños mecánicos , las hojas de la parte apical de las ramas se encuentran atrofiadas .
5P	PESIMO	Follaje ralo , del 80 al 100% , presenta manchas amarillas , café y rojizas . El 100% presenta polvo y grasa ; la mayoría del árbol presenta daño por ataque de insectos y daños mecánicos

## CUADRO 2 . Observaciones del Estado Físico del Tronco .

1S	SANO	Tronco sólido y fuerte sin deterioro visible y sin daño aparente al cambium o a la corteza .
2B	BUENO	Tronco sólido y fuerte , con daño leve a la corteza y ramas inferiores .
3R	REGULAR	Tronco debilitado por daños mayores causados en la corteza .
4M	MALO	Descomposición avanzada , cavidades y secciones de corteza ausentes , daño severo en la corteza y al cambium .
5P	PESIMO	Descomposición muy avanzada , extensas secciones de corteza ausente y tronco hueco .



ferentes especies a los contaminantes en especial al bióxido de azufre (  $SO_2$  ) .

Aunado a las observaciones mencionadas anteriormente , se registraron las siguientes características :

Diámetro a la altura del pecho (DAP)                      Cinta métrica de  
1.5 m .

Altura del árbol    Pistola AGA .

Cobertura ( Sombra proyectada )                              Cinta métrica de  
30 metros .

Lugar donde se localiza  
( nombre de la calle y zona )

Síntomas de enfermedad

Presencia de plagas

Se procedió a muestrear hasta 20 árboles por estación, conjuntando la información de las dos estaciones de alta concentración para formar lo que se denominó como zona de alta concentración , utilizando el mismo procedimiento para las estaciones de baja concentración, es decir , con los datos obtenidos de las estaciones de Mariano Escobedo y Secretaría de Hacienda , se formó la zona de alta concentración ( Zona A ) y con las estaciones de Vicentina y Cuchilla del Tesoro , la de baja concentración ( Zona B ) . La razón principal de llevar a cabo lo anterior, fué para obtener una muestra más representativa del arbolado , debido a que en algunas estaciones no se encontraba el número adecuado de árboles por especie .

Cabe hacer el comentario que los árboles que se eligieron fueron aquellos que presentaban características similares

de altura ( más de 1.5m), tamaño de cepa ( mayor de 40cms , menor de 70 cms. ), tipo de suelo ( Franco arenoso ) y pH ( 7 - 7.5 ) .

Tanto las observaciones como los datos mencionados anteriormente fueron vaciados en tablas de 11 columnas ( Anexo 1).

En forma posterior a la toma de datos , se cuantificó para cada especie los valores obtenidos en cada calificación , para conocer el porcentaje de cada una de éstas , es decir , en la zona de baja concentración se obtuvieron 10 árboles de Salix babilonica con la calificación de Sano , lo cual representa el 25% de la muestra .

Con los porcentajes obtenidos se elaboraron gráficas comparativas entre especies y zonas de distinta concentración de dióxido de azufre (  $SO_2$  ) .

#### b) Análisis Químico del Follaje .

Para cuantificar la concentración de plomo (Pb) en el follaje y tomando en cuenta que la concentración de contaminantes varía según la época del año , se realizaron dos muestreos en cada zona , una en época de lluvias y otra en época de estiaje . En cada muestreo se colectaron 100 gramos de follaje de cada especie utilizada , abarcando calles y avenidas . Las muestras se colocaron en bolsas de polietileno para que no perdieran sus propiedades químicas , mientras se trasladaban al Laboratorio de Suelos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales ( INIF ) , en donde con asesoría del personal de investigación se realizaron las siguientes actividades :

- a) Se lavaron perfectamente las hojas con agua destilada .
- b) Se dejaron secar en una estufa a  $80^{\circ}C$  durante un lapso de 6 horas aproximadamente .

c) Se trituro cada muestra en un mortero , para llevar a cabo la técnica de " Digestión Acida " ( recomendada por Terán, Com.Pers. ) que consiste en :

-Preparar un gramo del tejido vegetal seco y colocarlo en un matraz Earlenmeyer de 250ml , adicionando 5 ml de ácido nítrico y 2 ml de ácido perclórico . Esto se hizo en el interior de una campana , manteniéndose sobre una plancha eléctrica a una temperatura de 250°C , hasta alcanzar un volumen final de 2 ml de solución .

-Precaución :

Siempre se debe añadir el ácido nítrico al tejido y después añadir el ácido perclórico . El ácido perclórico puede reaccionar explosivamente con materiales orgánicos tratados .

Adicionar de 10 a 15 ml de agua tridestilada a la solución y filtrar a través de un papel filtro , captando la solución en un matraz aforado de 50ml y aforando con agua tridestilada . Esta muestra se llevó al Espectrofotómetro de Absorción Atómica ( Perkin Elmer , Modelo 500 ) para cuantificar la concentración de plomo ( Pb ) .

En forma similar se determinó la presencia de algunos nutrientes ( Fe , Ca , Cu ) en el follaje , pero en este caso, solo se decidió comparar los árboles de los sitios de alta y baja concentración , con el fin de observar si se encontraban diferencias en cuanto a su contenido ; utilizando para esto la misma técnica recomendada por Terán (Com.Pers.) .

c) Análisis Físico y Químico del Suelo .

Tomando en cuenta que el plomo puede ser depositado en el suelo , se tomaron muestras de éste , abarcando calles y avenidas de las cuatro estaciones de estudio para comparar si se encontraban diferencias entre las zonas de alta y baja concentración .

En cada zona se tomaron seis muestras de un Kilogramo.

cada una , a una profundidad de 15 cms , para no tomar los contaminantes que se depositan en la superficie y que no pueden ser absorbidos por los árboles , de esta forma , solo se consideraron los nutrientes y el plomo que se encuentra a los 15 cm de profundidad .

Las muestras de suelo se depositaron en bolsas de polietileno con sus datos correspondientes ( localización y características del lugar ), trasladándolas al laboratorio de suelos del INIF , en donde se realizaron los siguientes análisis : pH con un potenciómetro pH Meter, Modelo PBL . La Textura se determinó por el método de Bouyoucos con el Hidrómetro de Bouyoucos y usando el Triángulo de Texturas . Para el análisis de la Capacidad de Intercambio Catiónico ( CICT ) se utilizó la técnica de Acetato de Amonio PH 7 y el método de Kjeldahl . Con la técnica de acetato de amonio pH 7 , no solamente se obtiene la CICT sino también la solución para los nutrientes. Esta técnica consiste en lo siguiente :

- 10 gramos de suelo se agregan a 100 ml de acetato de amonio pH 7 , se filtra a través de un papel filtro y el residuo sirve para determinar la CICT y el extracto para determinar la concentración de nutrientes y plomo, éstos últimos se cuantificaron por medio del Espectrofotómetro de Absorción Atómica .

## R E S U L T A D O S

En primer lugar, se presentan los resultados obtenidos de la evaluación cualitativa del follaje y tronco de las siguientes especies arbóreas : Cupressus lindleyi , Erythrina americana , Eucalyptus camaldulensis , Fraxinus udhei , Jacaranda mimosifolia y Salix babilonica . Los datos obtenidos nos proporcionan las condiciones en que se encuentra el follaje de cada especie en las zonas de diferente concentración de bióxido de azufre (  $SO_2$  ) ( Cuadro No. 3 ) .

En el cuadro No.3 se aprecia que las especies C.lindleyi Y E.americana , fueron las más afectadas en la zona de alta concentración , pues el 15% y 25% de sus árboles respectivamente , presentan condiciones de su follaje con calificación de " Pésimo " siguiéndole S.babilonica con un 5% solamente ; no encontrándose ningún árbol con calificación de " Pésimo " en las especies E.camaldulensis , F. udhei y J. mimosifolia. Por otra parte es conveniente resaltar que no se encontraron sujetos con calificación de " Sano " para ninguna especie, sucediendo lo contrario en la zona de baja concentración , es decir , no se presentó ningún árbol de estas especies con calificación de " Pésimo " con excepción de la especie S.babilonica que presentó un 10% de su arbolado con esta calificación .

En la gráfica No.3 se aprecia el porcentaje comparativo de las calificaciones obtenidas por las especies en las zonas de alta concentración .

En la gráfica No. 4 se observa el porcentaje comparativo de las calificaciones obtenidas por las especies en las zonas de baja concentración .

Al comparar la respuesta de cada especie en las dos zonas de estudio , se encuentra que en el caso de C. lindleyi

Cuadro 3 . Porcentajes obtenidos para las condiciones del estado físico del follaje de las especies arbóreas en dos zonas de diferente concentración de bióxido de azufre ( SO<sub>2</sub> ) .

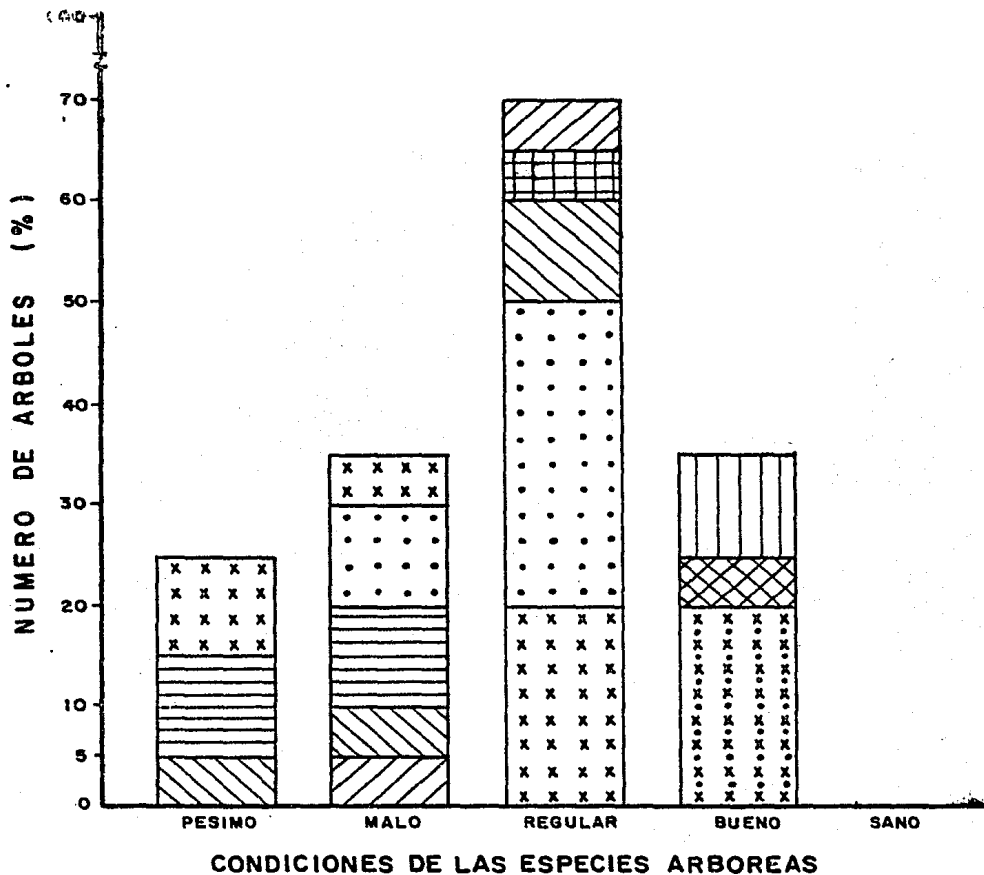
CONDICIONES E S P E C I E	ZONA A					ZONA B				
	P	M	R	B	S	P	M	R	B	S
NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN									
<u>Cupressus lindleyi</u>	Cedro blanco									
<u>Erythrina americana</u>	Colorín									
<u>Eucalyptus camaldulensis</u>	Eucalipto									
<u>Fraxinus udhei</u>	Fresno									
<u>Jacaranda mimosifolia</u>	Jacaranda									
<u>Salix babilonica</u>	Sauce llorón									
	15	20	65	0	0	0	0	15	70	15
	25	35	20	20	0	0	15	45	40	0
	0	0	65	35	0	0	0	70	30	0
	0	30	50	20	0	0	0	60	35	5
	0	5	70	25	0	0	0	30	70	0
	5	10	60	25	0	10	5	15	60	10

S I M B O L O G I A

P = PESIMO ; M = MALO ; R = REGULAR ; B = BUENO ; S = SANO

ZONA A = ALTA CONCENTRACION DE SO<sub>2</sub> ( ESTACIONES ME y SH )

ZONA B = BAJA CONCENTRACION DE SO<sub>2</sub> ( ESTACIONES CT y Vc )



### SIMBOLOGIA

*C. lindleyi* [horizontal lines]

*E. americana* [crosses]

*E. camaldulensis* [vertical lines]

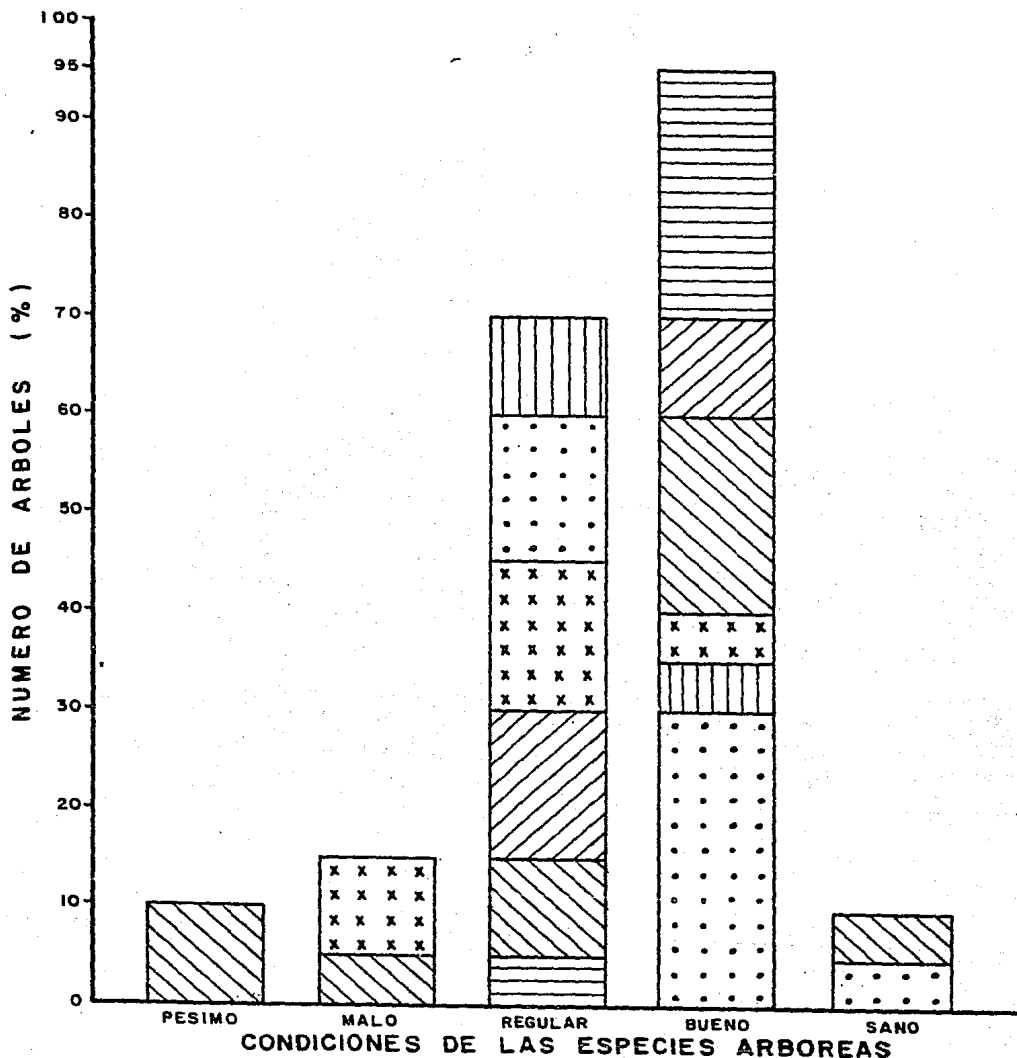
*F. udhol* [dots]

*J. mimosifolia* [diagonal lines]

*S. babilonica* [cross-hatch]

### GRAFICA 3

Porcentajes comparativos del estado físico del follaje de las seis especies arbóreas estudiadas en la zona de alta concentración de  $SO_2$  en la Ciudad de México.



**SIMBOLOGIA**

<u>C. lindleyi</u> [Horizontal lines]	<u>E. americana</u> [X's]	<u>E. camaldulensis</u> [Vertical lines]
<u>F. udhei</u> [Dots]	<u>J. mimosifolia</u> [Diagonal lines /]	<u>S. babilonica</u> [Diagonal lines \]

**GRAFICA 4**

Porcentajes comparativos del estado físico del follaje de las seis especies arbóreas estudiadas en la zona de baja concentración de SO<sub>2</sub> en la Ciudad de México.



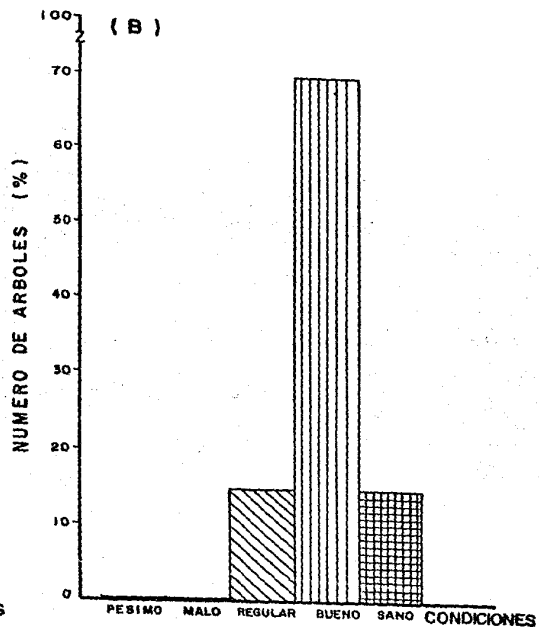
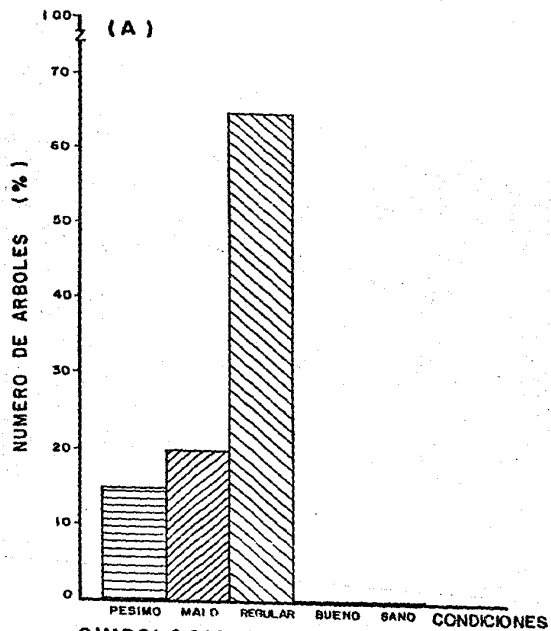
( gráfica No. 5 ) presenta condiciones de " Pésimo a Regular " en las zonas de alta concentración ; asimismo se encontró que en las zonas de baja concentración , los valores se distribuyeron de " Regular a Sano " . Ahora bien , el alto porcentaje ( 65% ) que presentó en la zona A corresponde a la calificación de " Regular " mientras que en la zona B , este alto porcentaje ( 70% ) se presentó en árboles con calificación de " Bueno " .

Como se puede apreciar en la gráfica No.6 , E.americana presenta en ambas zonas un arbolado con valores que van de " Pésimo a Bueno " . Se observa que en la zona A , existe un mayor porcentaje de árboles en condiciones de " Pésimo y Regular " ( 25 y 35% respectivamente ) y en la zona B el mayor porcentaje de éstos se encuentra en condiciones de " Regular y Bueno " ( 45 y 40% respectivamente ) .






En la gráfica No. 7 se observa los valores obtenidos para E.camaldulensis , en donde un alto porcentaje de sus árboles tienen condición de " Regular " tanto en una zona de alta como de baja concentración de  $SO_2$  . Asimismo se encontró en ambas zonas un porcentaje de sus árboles en condiciones de " Bueno " ( 35 y 30% respectivamente ) .

En la gráfica No.8 al comparar los resultados de F.udhei entre ambas zonas , se muestra un 30% de árboles en condiciones de " Malo " en la zona A , entretanto en la zona B un 5% tienen valor de " Sano " . También se encontró una pequeña diferencia en los porcentajes obtenidos para árboles en condiciones de " Regular y Bueno " , estos porcentajes fueron un 50 y 20% respectivamente en la zona A y en la zona B fué de un 60 y 35% respectivamente .

En la gráfica No.9 se muestra claramente como en la zona A , el porcentaje de árboles de J.mimosifolia en condiciones de " Regular " es más alto ( 70% ) encontraste con la zona B que presenta un 30% del arbolado con este valor . En la zona A esta especie presenta un 25% de su arbolado en condi-

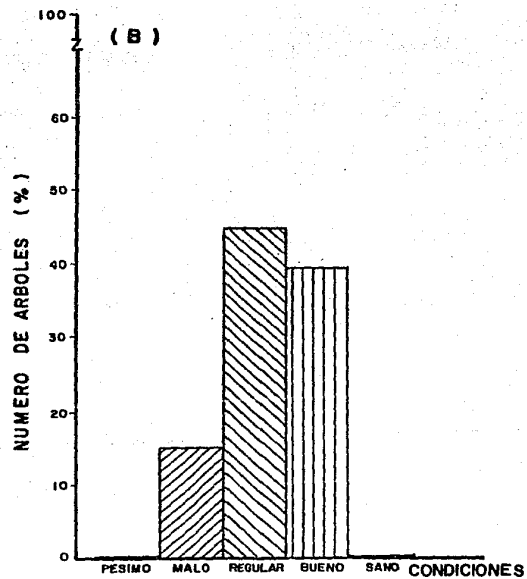
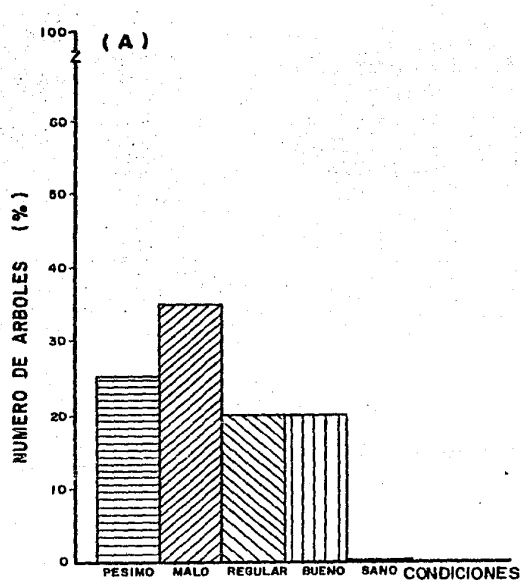


**SIMBOLOGIA**

PESIMO  
 MALO  
 REGULAR  
 BUENO  
 SANO 

**GRAFICA 5.**

Porcentajes obtenidos de las condiciones del estado físico del follaje para Cupressus lindleyi en zonas de alta (A) y baja (B) concentración de SO<sub>2</sub>.

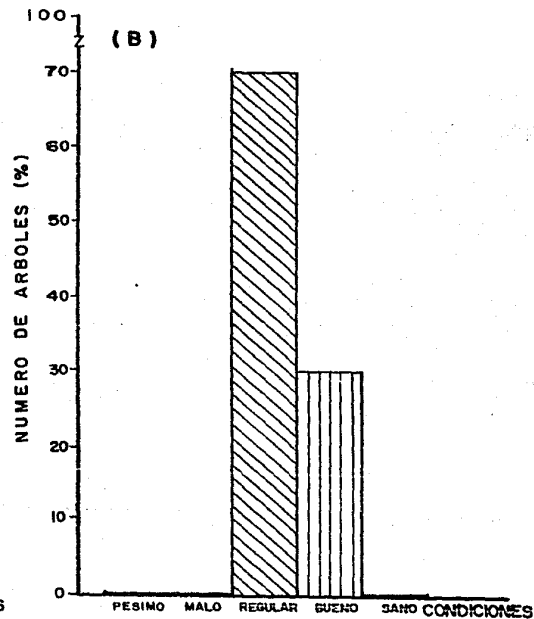
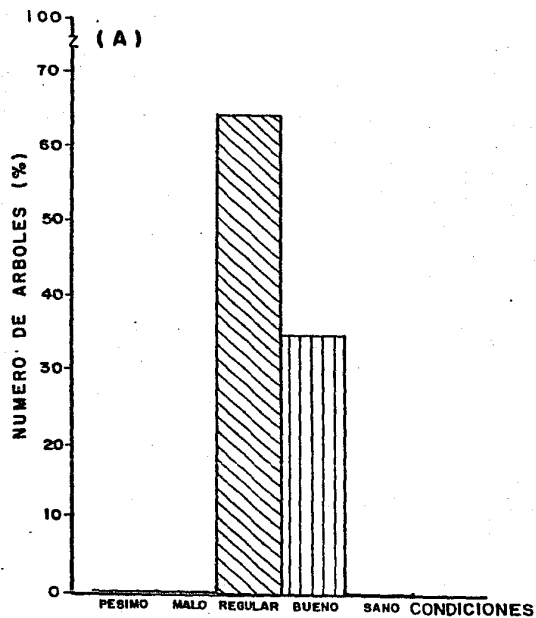


**SIMBOLOGIA**

PESIMO  MALO  REGULAR  BUENO  SANO 

**GRAFICA 6**

Porcentajes obtenidos de las condiciones del estado físico del follaje para Erythrina americana en zonas de alta (A) y baja (B) concentración de  $SO_2$ .

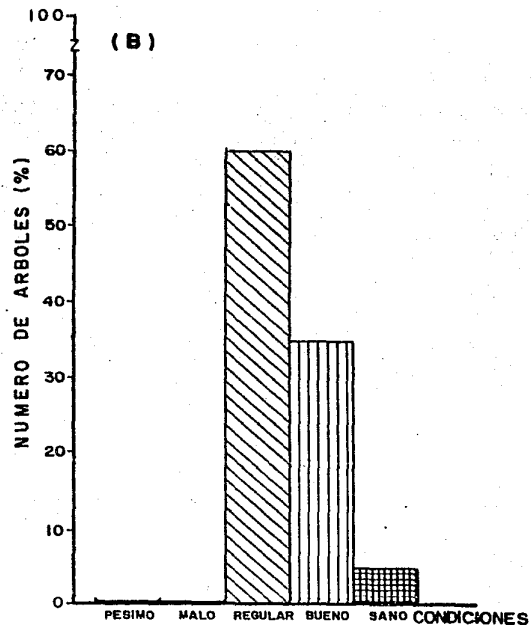
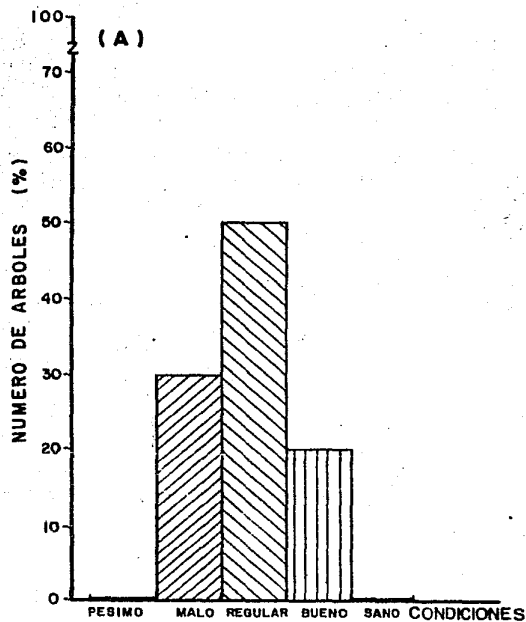


**SIMBOLOGIA**

PESIMO  MALO  REGULAR  BUENO  SANO 

**GRAFICA 7**

Porcentajes obtenidos de las condiciones del estado físico del follaje para Eucalyptus camaldulensis en zonas de alta (A) y baja (B) concentración de  $SO_2$ .




**SIMBOLOGIA**

PESIMO 

MALO 

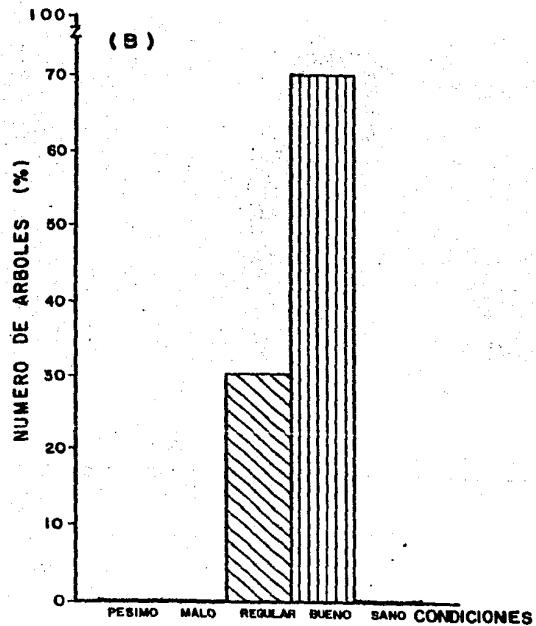
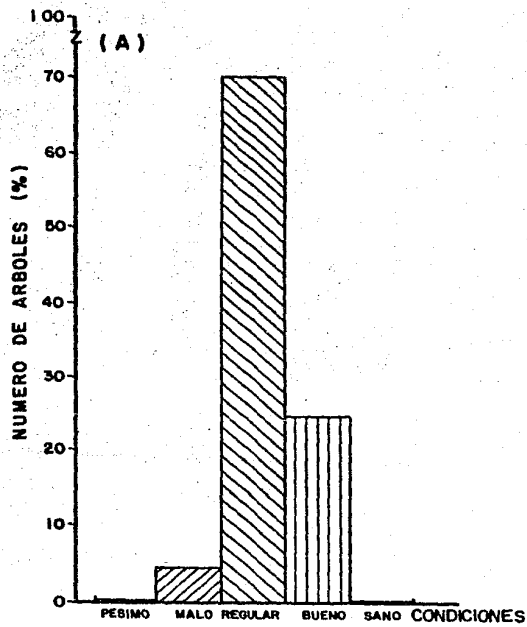
REGULAR 

BUENO 

SANO 

**GRAFICA 8**

Porcentajes obtenidos de las condiciones del estado físico del follaje para Fraxinus udhel en zonas de alta (A) y baja (B) concentración de  $SO_2$ .



**SIMBOLOGIA**

PESIMO  MALO  REGULAR  BUENO  SANO 

**GRAFICA 9**

Porcentajes obtenidas de las condiciones del estado físico del follaje para Jacaranda mimosaefolia en zonas de alta (A) y baja (B) concentración de  $SO_2$ .

ciones de " Bueno " mientras que en la zona B existe un 70% de su arbolado en estas condiciones .

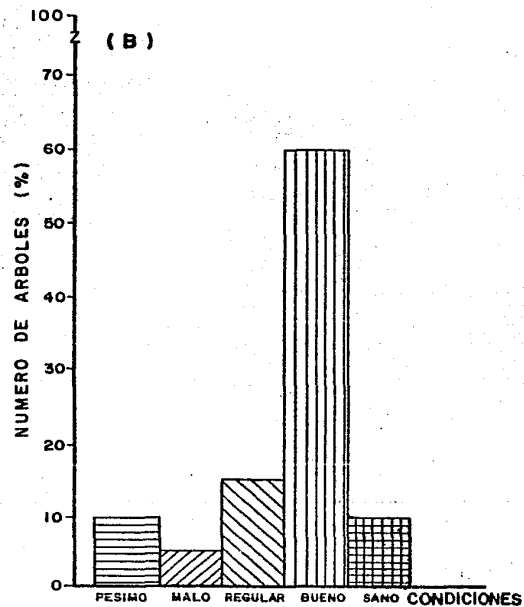
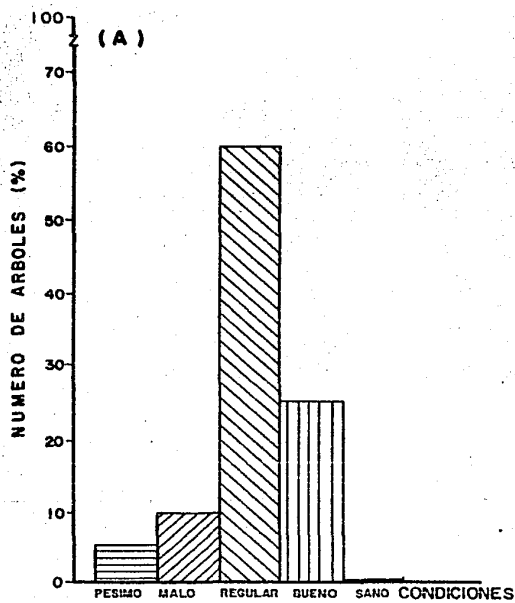
En la gráfica No. 10 se observa que S. babilonica presenta en una zona de alta concentración un 60% de sus árboles con el follaje en condiciones de " Regular " entretanto en una zona de baja concentración se presenta el mismo porcentaje ( 60% ) pero con valor de " Bueno " .

En el cuadro No. 4 se aprecia , que en lo referente al estado físico del tronco de las especies arbóreas estudiadas, no se muestra un alto porcentaje en condiciones de " Pésimo " y " Malo " en la zona de alta concentración ; sin embargo , a pesar de ser una zona en donde la contaminación es alta , el tronco presenta un mayor porcentaje en condiciones de " Regular , Bueno y Sano " . También se observa , que en la zona de baja concentración los porcentajes son superiores a los presentados en la zona de alta concentración en lo referente a las condiciones de " Bueno y Sano " .

En las gráficas No. 11 y 12 , se observan los porcentajes comparativos de las condiciones del estado físico del tronco , en las zonas de alta y baja concentración de dióxido de azufre (  $SO_2$  ) .

Por otra parte , se hizo una gráfica para cada especie arbórea , en donde se relaciona el porcentaje de árboles con las condiciones presentadas del estado físico del tronco , tomando un rango de " Pésimo a Sano " en cada una de las zonas de alta y baja concentración de dióxido de azufre (  $SO_2$  ) .

En la gráfica No. 13 se ilustra que la especie C. lindleyi presenta un mayor porcentaje de sus troncos en condiciones de " Regular y Bueno " en ambas zonas . En la zona A existe un 30% de árboles en condiciones de " Regular y Bueno " y en la zona B , existe un 45% de troncos en condiciones de " Regular " y un 40% en condiciones de " Bueno " . Asimismo se ve que la zona A no hay troncos en condiciones " Pésimas " pero existe un 25% en condiciones de " Sano " . En la zona B se encontró



**SIMBOLOGIA**

PESIMO  MALO  REGULAR  BUENO  SANO 

**GRAFICA 10**

Porcentajes obtenidos de las condiciones del estado físico del follaje para Salix babilonica en zonas de alta (A) y baja (B) concentración de  $SO_2$ .



Cuadro 4 . Porcentajes obtenidos para las condiciones del estado físico del tronco de las especies arbóreas en dos zonas de diferente concentración de dióxido de azufre ( SO<sub>2</sub> ) .

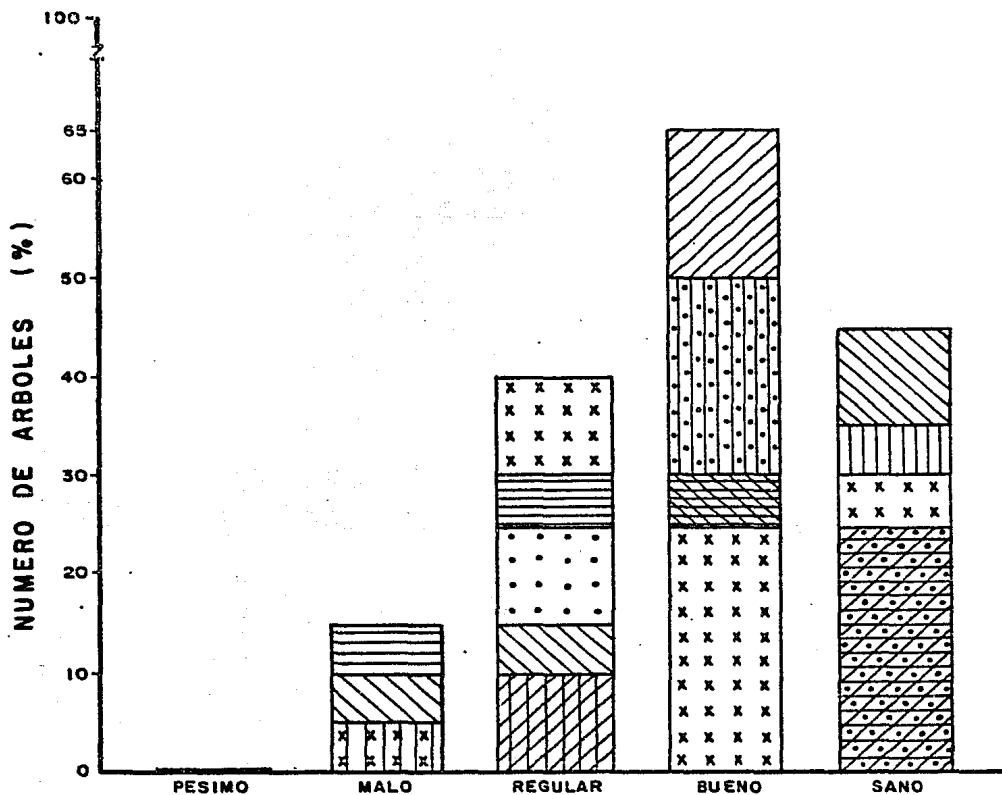
CONDICIONES		ZONA A					ZONA B					
		P	M	R	B	S	P	M	R	B	S	
E S P E C I E												
NOMBRE CIENTIFICO		NOMBRE COMUN										
<u>Cupressus</u>	<u>lindleyi</u>	Cedro blanco	0	15	30	30	25	5	10	45	40	0
<u>Erythrina</u>	<u>americana</u>	Colorín	0	5	40	25	30	0	5	5	50	40
<u>Eucalyptus</u>	<u>camaldulensis</u>	Eucalipto	0	15	10	50	35	0	10	5	25	60
<u>Fraxinus</u>	<u>udhei</u>	Fresno	0	0	25	50	25	0	0	10	25	65
<u>Jacaranda</u>	<u>mimosifolia</u>	Jacaranda	0	0	10	65	25	0	0	10	60	30
<u>Salix</u>	<u>babilonica</u>	Sauce llorón	0	10	15	30	45	0	0	0	60	40

S I M B O L O G I A

P = PESIMO ; M = MALO ; R = REGULAR ; B = BUENO ; S = SANO

ZONA A = ALTA CONCENTRACION DE SO<sub>2</sub> ( ESTACIONES ME y SH )

ZONA B = BAJA CONCENTRACION DE SO<sub>2</sub> ( ESTACIONES CT y Vc ) .



CONDICIONES DE LAS ESPECIES ARBOREAS

SIMBOLOGIA

*C. lindleyi* [horizontal lines]

*E. americana* [crosses]

*E. camaldulensis* [vertical lines]

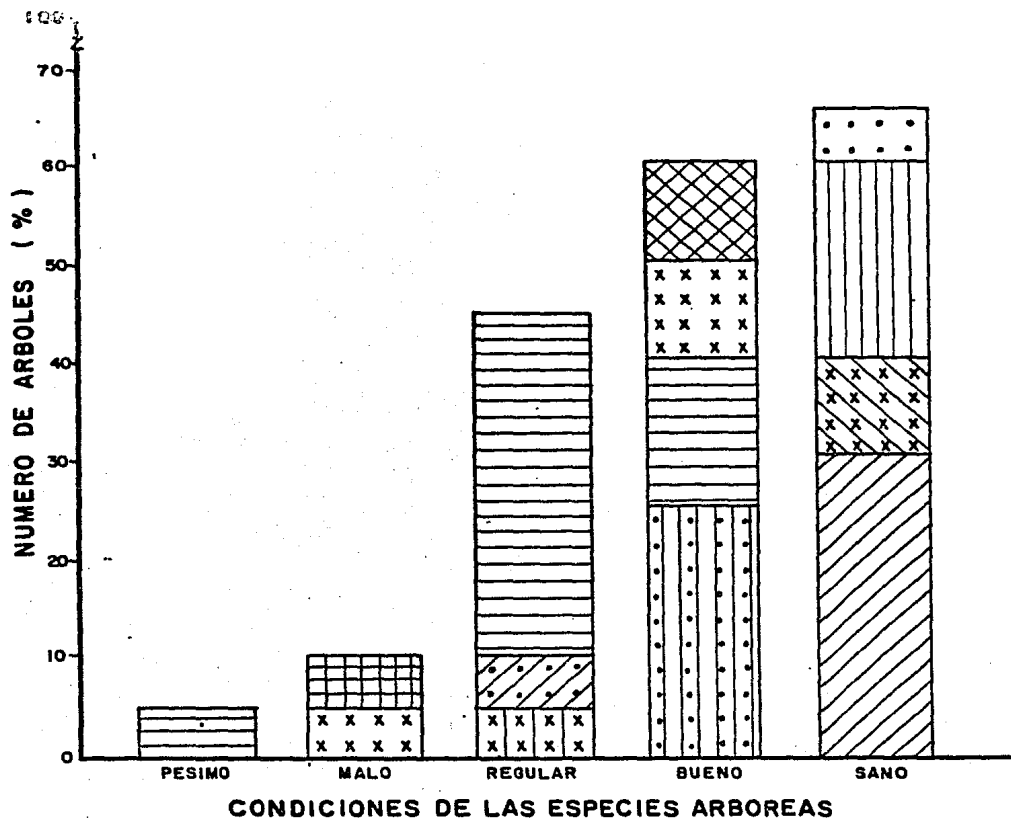
*F. udhei* [dots]

*J. mimosifolia* [diagonal lines]

*S. babylonica* [diagonal lines with dots]

GRAFICA II

Porcentajes comparativos del estado físico del tronco de las seis especies arbóreas estudiadas en la zona de alta concentración de SO<sub>2</sub> en la Ciudad de México.

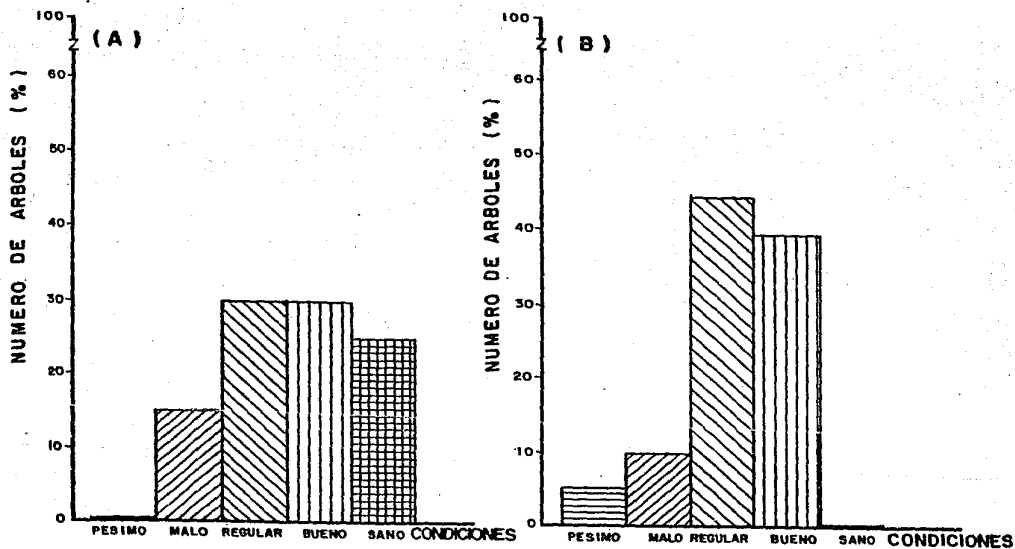


### SIMBOLOGIA

<u>C. lindleyi</u>		<u>E. americana</u>		<u>E. camaldulensis</u>	
<u>F. udhei</u>		<u>J. mimosifolia</u>		<u>S. babilonica</u>	

### GRAFICA 12

Porcentajes comparativos del estado físico del tronco de las seis especies arbóreas estudiadas en la zona de baja concentración de SO<sub>2</sub> en la Ciudad de México.



**SIMBOLOGIA**

PESIMO  MALO  REGULAR  BUENO  SANO 

**GRAFICA 13**

Porcentajes obtenidos de las condiciones del estado físico del tronco para Cupressus lindleyi en zonas de alta (A) y baja (B) concentración de  $SO_2$ .

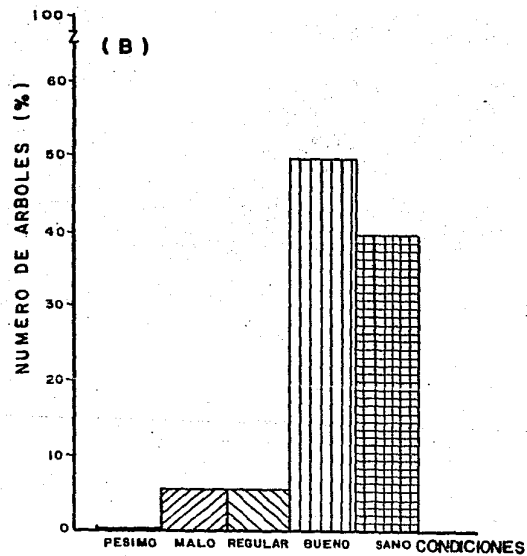
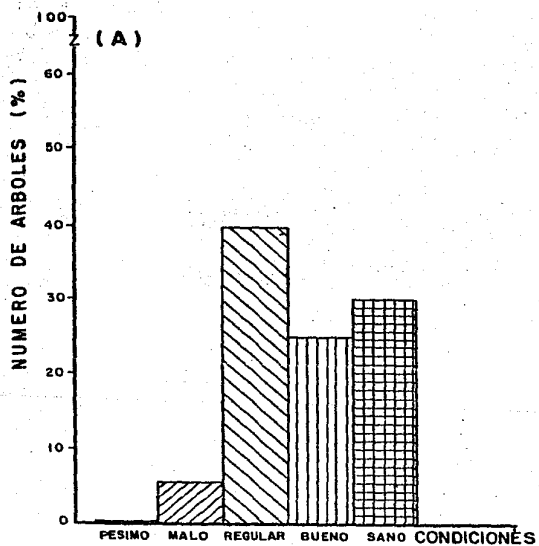
un 5% en condiciones de "Pésimo", observando que no se encontró un porcentaje de troncos en condiciones de "Sano". Esto último se debe en cierta medida a factores externos a la contaminación (ahorcamiento del tronco por alambres, daño a nivel del cambium producido por automóviles o personas).

En la gráfica No. 14 se observa que al comparar la especie E.americana para las dos zonas de alta y baja concentración, se muestra que en la zona de baja concentración, los valores de "Bueno y Sano" están en un mayor porcentaje (50 y 40% respectivamente), en comparación a los obtenidos en la zona de alta concentración (25 y 30% respectivamente). También en esta gráfica se ilustra que E.americana presenta un 40% de sus troncos en condiciones de "Regular" en la zona de alta concentración a diferencia del 5% presente en la zona de baja concentración de dióxido de azufre ( $SO_2$ ).

En la gráfica No.15 la especie E. camaldulensis presenta un 50% de sus troncos en condiciones de "Bueno" en la zona A, siendo reducido este porcentaje en la zona B, en un 25%. En ésta última zona existe un 60% de los troncos en condiciones de "Sano" mientras que en la zona A, solamente se encontró un 35% de los troncos en esta condición.

En la gráfica No. 16 se nos indica que la especie F.udhei presenta en la zona A, un 50% de sus troncos en condiciones de "Bueno" entretanto en la zona B, un 65% de los troncos obtuvo la calificación de "Sano". En la zona A se observa que existe un mayor porcentaje de troncos en condiciones de "Regular" (25%) a diferencia del 10% encontrado en la zona B.

Como se puede apreciar en la gráfica No. 17, la especie J.mimosifolia muestra una similitud en los valores obtenidos para el estado físico del tronco en las zona A y B. En ambas zonas se encontró un 10% de sus árboles en condiciones de "Regular". En las condiciones de "Bueno y Sano" solo existe un 5% de diferencia entre las dos zonas, es decir,



**SIMBOLOGIA**

PESIMO 

MALO 

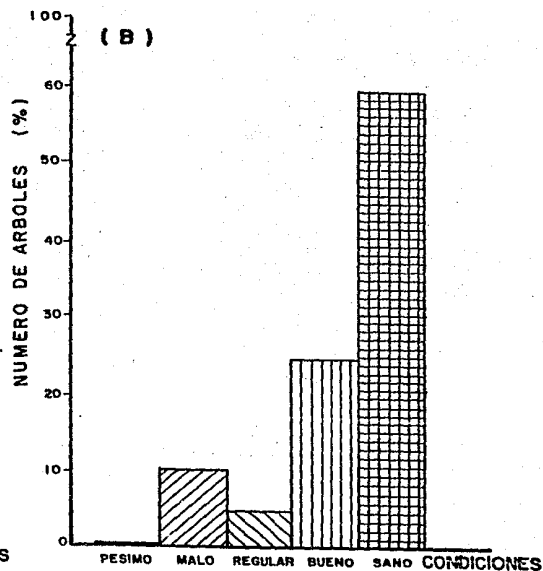
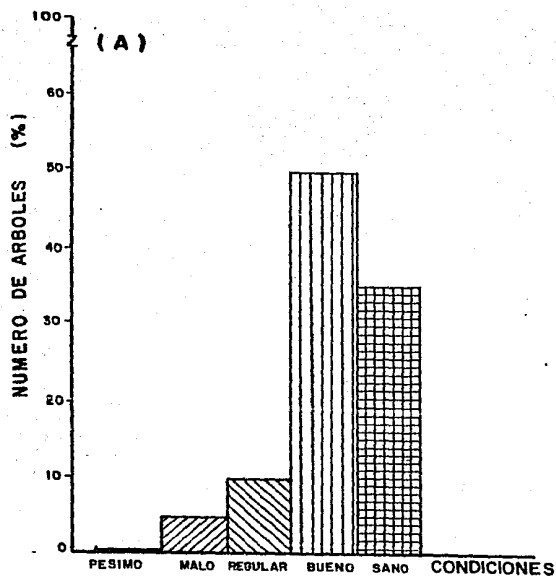
REGULAR 

BUENO 

SANO 

**GRAFICA 14**

Porcentajes obtenidos de las condiciones del estado físico del tronco para Erythrina americana en zonas de alta (A) y baja (B) concentración de  $SO_2$ .

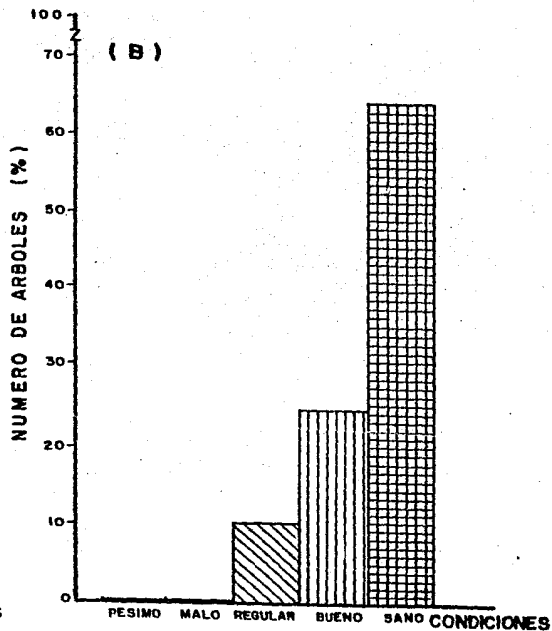
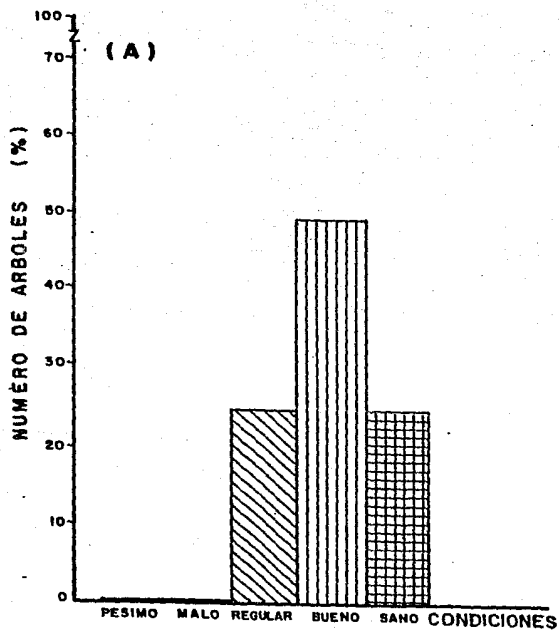


**SIMBOLOGIA**

PESIMO  
 MALO  
 REGULAR  
 BUENO  
 SANO 

**GRAFICA 15**

Porcentajes obtenidos de las condiciones del estado físico del tronco para Eucalyptus camaldulensis en zonas de alta (A) y baja (B) concentración de  $SO_2$ .



**SIMBOLOGIA**

PESIMO 

MALO 

REGULAR 

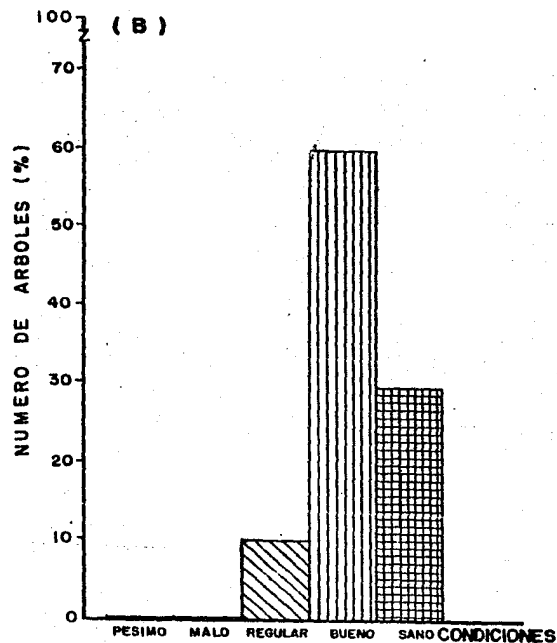
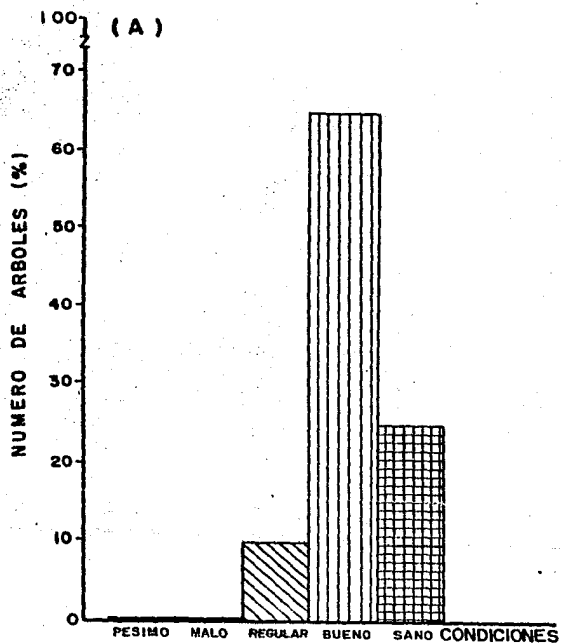
BUENO 

SANO 

**GRAFICA 16**

Porcentajes obtenidos de las condiciones del estado fisico del tronco para Fraxinus udhei en zonas de alta (A) y baja (B) concentración de SO<sub>2</sub>.





**SIMBOLOGIA**

PESIMO  MALO  REGULAR  BUENO  SANO 

**GRAFICA 17**

Porcentajes obtenidos de las condiciones del estado físico del tronco para Jacaranda mimosifolia en zonas de alta (A) y baja (B) concentración de  $SO_2$ .

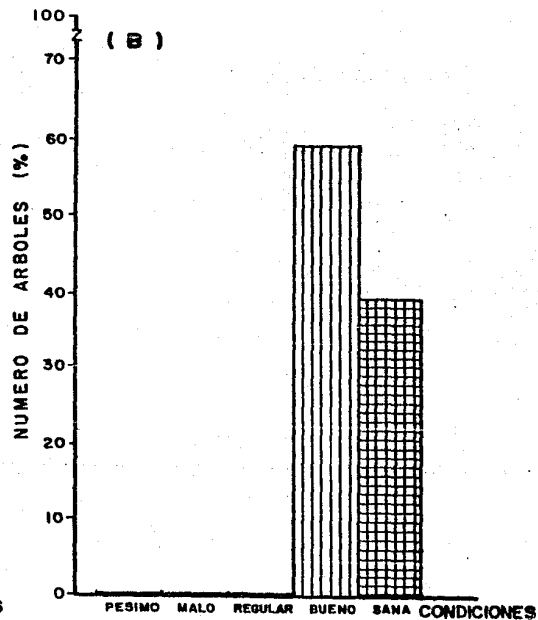
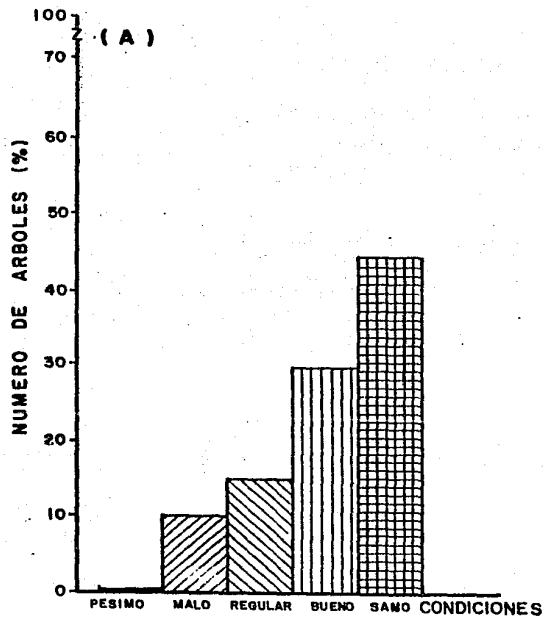
en la zona A es un 65% mientras en la zona B es un 60% en lo que respecta a las condiciones de " Bueno " , En lo referente a las condiciones de "Sano " , en la zona A es de 25% y en la zona B es de 30% .

En la gráfica NO. 18 se muestra que alrededor del 60% del arbolado de S.babilonica se encuentra en condiciones de " Bueno " y un 40% en condiciones de " Sano " en la zona de baja concentración . No se encontró ningún árbol en condiciones de " Malo y Regular " a diferencia de la zona A ,donde un 15% y 30% de los troncos presentaron estas condiciones . Asimismo en esta zona , se observa un 45% del arbolado en condiciones de " Sano " .

#### Análisis Químico del Follaje .

Con los resultados obtenidos de la concentración de nutrientes y del contaminante plomo (Pb) , presentes en el follaje de las especies utilizadas , se realizó un análisis de varianza ( Parker , 1976 ) con el fin de conocer si acaso se presentaban diferencias significativas en dicha concentración .

En las especies C.lindleyi , S.babilonica y J.mimosifolia ( cuadro No. 5 , 6 y 7 respectivamente ) se encontró que en el caso de los nutrientes ( Ca,Fe,Cu ) no había diferencias estadísticamente significativas entre las zonas de alta y baja concentración , sin embargo , en el caso del plomo (Pb) , sí se encontraron diferencias significativas a un nivel de 0.05% . En cuanto a las especies E.americana , E.camaldulensis y F.udhei ( Cuadro NO. 8 ,9 y 10 respectivamente) no se encontraron diferencias significativas para ningún nutriente ni para el contaminante plomo .



**SIMBOLOGIA**

PESIMO  MALO  REGULAR  BUENO  SANO 

**GRAFICA 18**

Porcentajes obtenidos de las condiciones del estado físico del tronco para Salix babylonica en zonas de alta (A) y baja (B) concentración de  $SO_2$ .

Cuadro 5 , Análisis de Varianza realizado para los elementos localizados  
en el follaje de Cupressus lindleyi .

ELEMENTO	FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA
	TRATAMIENTOS ( ZONA Y EPOCA)	3	1006.99	355.66	5.37 NS
	FACTOR A (ZONA)	1	156.65	156.65	2.37 NS
Pb	FACTOR B (EPOCA)	1	58.32	58.32	0.88 NS
	INTERACCION AB	1	792.02	792.02	11.97 *
	ERROR	4	264.63	66.16	
	TOTAL	7	1271.62		
	TRATAMIENTOS	1	75625.00	75625.00	0.441 NS
Ca	ERROR	2	342425.00	17121.50	
	TOTAL	3	418050.00		
	TRATAMIENTOS	1	8930.25	8930.25	1.039 NS
Fe	ERROR	2	17174.50	8587.25	
	TOTAL	3	26104.75		
	TRATAMIENTOS	1	12.25	12.25	2.45 NS
Cu	ERROR	2	10.00	5.00	
	TOTAL	3	22.25		

NS No significativa .  
\* Existe Significancia al 95% de Confiabilidad .

cuadro 6 . Análisi de Varianza realizado para los elementos localizados en el follaje de Salix babilonica .

ELEMENTO	FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA
	TRATAMIENTOS (ZONA Y EPOCA)	3	2666.19	887.73	4.97 NS
	FACTOR A ( ZONA )	1	474.32	474.32	2.65 NS
Pb	FACTOR B ( EPOCA )	1	156.65	156.65	0.88 NS
	INTERACCION AB	1	2035.22	2035.22	11.39 *
	ERROR	4	714.87	178.72	
	TOTAL	7	3381.06		
	TRATAMIENTOS	1	10000.00	10000.00	0.87 NS
Ca	ERROR	2	11458.08	11458.08	
	TOTAL	3	72900.00		
	TRATAMIENTOS	1	2280.06	2280.06	0.93 NS
Fe	ERROR	2	4900.62	2450.31	
	TOTAL	3	7180.68		
	TRATAMIENTOS	1	0.5625	0.5625	0.10 NS
Cu	ERROR	2	11.125	5.5625	
	TOTAL	3	11.6875		

\* Existe significancia al 95% de confiabilidad .  
NS No significativa .

Cuadro 7 . Análisis de Varianza realizado para los elementos localizados en el follaje de Jacaranda mimosifolia .

ELEMENTO	FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	
	TRATAMIENTOS (ZONA Y EPOCA)	3	3286.46	1095.49	7.67	NS
	FACTOR A (ZONA)	1	332.82	332.82	2.33	NS
Pb	FACTOR B (EPOCA)	1	655.22	655.22	4.59	NS
	INTERACCION AB	1	2298.42	2298.42	16.08	*
	ERROR	4	571.62	142.91		
	TOTAL	7	3858.08			
	TRATAMIENTOS	1	26265.62	26265.62	6.40	NS
Ca	ERROR	2	82062.50	41031.25		
	TOTAL	3	34471.87			
	TRATAMIENTOS	1	30450.25	30450.25	0.87	NS
Fe	ERROR	2	69290.00	34645.00		
	TOTAL	3	99740.25			
	TRATAMIENTOS	1	68.06	68.06	7.51	NS
Cu	ERROR	2	18.12	9.06		
	TOTAL	3	86.18			

\* Existe significancia al 95% de confiabilidad .  
NS No significativa .

Cuadro 8 . Análisis de Varianza realizado para los elementos localizados  
en el follaje de Erythrina americana .

ELEMENTO	FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	
	TRATAMIENTOS (ZONA Y EPOCA)	3	639.00	213.00	1.12	NS
	FACTOR A ( ZONA )	1	24.50	24.50	0.13	NS
Pb	FACTOR B ( EPOCA )	1	612.50	612.50	3.23	NS
	INTERACCION AB	1	2.00	2.00	0.01	NS
	ERROR	4	757.50	189.38		
	TOTAL	7	1396.50			
	TRATAMIENTOS	1	19802.50	19802.50	0.40	NS
Ca	ERROR	2	97045.00	48522.50		
	TOTAL	3	11684.75			
	TRATAMIENTOS	1	18.06	18.06	0.06	NS
Fe	ERROR	2	5621.12	2810.56		
	TOTAL	3	1222.68			
	TRATAMIENTOS	1	7.56	7.56	0.39	NS
Cu	ERROR	2	38.12	19.06		
	TOTAL	3	45.69			

NS No significativa .  
Significancia al 95 % de confiabilidad .

Cuadro 9 . Análisis de Varianza realizado para los elementos localizados  
en el follaje de Fraxinus udhei .

ELEMENTO	FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	
	TRATAMIENTOS (ZONA Y EPOCA)	3	562.00	187.33	0.58	NS
	FACTOR A ( ZONA )	1	512.00	512.00	1.58	NS
Pb	FACTOR B ( EPOCA )	1	32.00	32.00	0.10	NS
	INTERACCION AB	1	18.00	18.00	0.06	NS
	ERROR	4	1293.00	323.25		
	TOTAL	7	1855.00			
	TRATAMIENTOS	1	11222.50	11222.50	0.80	NS
Ca	ERROR	2	27925.00	13962.50		
	TOTAL	3	14015.00			
	TRATAMIENTOS	1	3875.06	3875.06	8.72	NS
Fe	ERROR	2	888.12	444.06		
	TOTAL	3	4763.18			
	TRATAMIENTOS	1	105.06	105.06	4.11	NS
Cu	ERROR	2	51.13	15.56		
	TOTAL	3	156.19			

NS No significativa.  
Significancia al 95% de Confiabilidad .



Cuadro 10. Análisis de Varianza realizado para los elementos localizados  
en el follaje de Eucalyptus camaldulensis .

ELEMENTO	FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	
	TRATAMIENTOS (ZONA Y EPOCA)	3	24020.50	8006.83	0.78	NS
	FACTOR A (ZONA)	1	6044.50	6044.50	0.59	NS
Pb	FACTOR B (EPOCA)	1	11483.70	11483.70	1.12	NS
	INTERACCION AB	1	6492.30	6492.30	0.63	NS
	ERROR	4	11050.31	10262.58		
	TOTAL	7	65070.81			
	TRATAMIENTOS	1	20250.00	20250.00	0.008	NS
Ca	ERROR	2	50412.50	25206.25		
	TOTAL	3	50615.00			
	TRATAMIENTOS	1	6601.56	6601.56	2.35	NS
Fe	ERROR	2	5621.12	2810.56		
	TOTAL	3	1222.69			
	TRATAMIENTOS	1	52.56	52.56	2.05	NS
Cu	ERROR	2	51.12	25.56		
	TOTAL	3	156.18			
Significancia al 95% de Confiabilidad .						
NS	No significativa					

En el cuadro No.11 se presentan los resultados obtenidos para el elemento plomo (Pb) entre las zonas , épocas y especies y en donde se observa que los valores más altos en la zona A corresponden a las especies C.lindleyi ( 115.5p.p.m) y J.mimosifolia ( 114.0 p.p.m. ) , durante la época de estiaje y que dichos valores disminuyen en la época de lluvias.En la zona B las concentraciones más altas corresponden una vez más a las especies C.lindleyi ( 40.5 p.p.m. ) y J.mimosifolia ( 57.0 p.p.m. ) , en la época de estiaje , los cuales disminuyen en la época de lluvia . Comparando los resultados de la zona A con los de la zona B , se encontró que para todas las especies , la concentración disminuye en ésta última zona . Cabe mencionar que los valores más altos corresponden a la época de estiaje en comparación con la época de lluvia , al comparar las zonas y épocas . Posteriormente , a los resultados de las especies que tuvieron valores más altos de concentración de plomo, se les realizó una Prueba de Rangos Múltiples de Duncan ( Parker , 1976 ) para determinar en cual de los tratamientos se presentaron estas diferencias significativas .

En el cuadro No. 12 es posible ver que se obtuvieron diferencias significativas para la especie C.lindleyi , al comparar las zonas de alta y baja concentración en la misma época de lluvias ( T03 - T01 ) , es decir , sí hay diferencia notable en los valores de plomo presentes en las diferentes zonas . Asimismo es posible ver que al comparar las épocas de lluvia y estiaje para la misma zona de baja concentración , se encuentran valores diferentes ; no sucediendo lo mismo en las zonas de alta concentración aún entre épocas ( T01-T02 ) .

En el cuadro No.13 se aprecia que la especie arbórea S.babilonica , presentó diferencias significativas en los valores obtenidos de plomo , al comparar las zonas de alta y baja concentración , en la misma época de estiaje ( T02 -T04 ) , es decir , sí existen diferencias significativas en los valo-

Cuadro 11 . Comparación de la concentración del Plomo en el follaje de las especies arbóreas en función de las zonas de alta ( A ) y baja ( B ) contaminación y las épocas de lluvia y estiaje .

E S P E C I E	CONCENTRACION DE PLOMO EN FOLLAJE ( P.P.M )			
	ZONA A		ZONA B	
	ESTIAJE	LLUVIA	ESTIAJE	LLUVIA
<u>Cupressus lindleyi</u>	111.5	60.5	40.5	17
<u>Erythrina americana</u>	47.5	28.0	35.3	18.6
<u>Eucalyptus camaldulensis</u>	37.3	13.0	33.0	18.6
<u>Fraxinus udhei</u>	36.4	35.0	32.0	10.0
<u>Jacaranda mimosifolia</u>	114.0	53.0	57.0	14.0
<u>Salix babilonica</u>	56.5	19.0	39.0	27.5

Cuadro 12 . Pruebas de Rangos Múltiples de Duncan realizado para el elemento Plomo (Pb) , localizado en el follaje de Cupressus lindleyi , al comparar zonas de concentración y épocas .

ELEMENTO	COMPARACION	POSICION	DMS	DMS	DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS	
			( 5% )	( 5% )		
Pb	T03-T04	4	23.12112	39.68550	28.7	*
	T03-T04	3	23.06360	39.11035	14.5	NS
	T03-T02	2	22.60348	37.44241	3.45	NS
	T02-T01	3	23.06360	39.11035	25.3	*
	T02-T04	2	22.60348	37.44241	11.0	NS
	T04-T01	2	22.60348	37.44241	14.20	NS

#### S I M B O L O G I A

T01- LLUVIAS Y BAJA CONCENTRACION

T02- SECAS Y BAJA CONCENTRACION

T03- LLUVIAS Y ALTA CONCENTRACION

T04- SECAS Y ALTA CONCENTRACION

DMS- DIFERENCIAS MINIMAS SIGNIFICATIVAS

\* - EXISTE SIGNIFICANCIA AL 95% DE CONFIABILIDAD

NS - NO EXISTE SIGNIFICANCIA

**Cuadro 13 . Pruebas de Rangos Múltiples de Duncan realizado para el elemento plomo (Pb) , localizado en el follaje de Salix babilonica , al comparar zonas de concentración y épocas .**

ELEMENTO	COMPARACION	POSICION	DMS ( 5% )	DMS ( 5% )	DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS	
Pb	T02-T04	4	38.00123	65.22599	47.30	*
	T02-T01	3	37.90670	64.28068	23.05	NS
	T02-T03	2	37.15045	61.53930	6.55	NS
	T03-T04	3	37.90670	64.28086	40.75	*
	T03-T01	2	37.15045	61.53930	16.50	NS
	T01-T04	2	37.50450	61.53930	24.25	NS

**S I M B O L O G I A**

T01- LLUVIAS Y BAJA CONCENTRACION

T02- SECAS Y BAJA CONCENTRACION

T03- LLUVIAS Y ALTA CONCENTRACION

T04- SECAS Y ALTA CONCENTRACION

DMS- DIFERENCIAS MINIMAS SIGNIFICATIVAS

\* - EXISTE SIGNIFICANCIA AL 95% DE CONFIABILIDAD

NS - NO EXISTE SIGNIFICANCIA

res de plomo presentes en las diferentes zonas . Del mismo modo se ve que al comparar las épocas de lluvia y estiaje , para la misma zona de concentración alta ( T03 - T04 ) , se encontraron valores diferentes , no sucediendo lo mismo en la zona de baja concentración , aún entre épocas .

En el cuadro No.14 se observa que la especie J.mimosifolia también presenta estas diferencias en los valores obtenidos de plomo , al comparar las zonas de alta y baja concentración en la misma época de estiaje ( T02 - T04 ) , es decir , si hay diferencias notables en los valores de plomo (Pb) presentes en las diferentes zonas . También se muestra que al comparar las épocas de lluvia y estiaje para la de alta concentración ( T03 - T04 ) , se encontraron valores significativos ; no sucediendo lo mismo en las de baja concentración aún entre épocas ( T02 - T01 ) .

#### Análisis Físico y Químico del Suelo .

A los datos obtenidos de dicho análisis , se les aplicó un análisis de varianza , en el cual se encontró que solamente el plomo ( Pb ) mostraba diferencias significativas ( cuadro No. 16 ) . En el anexo No.2 se muestran los datos obtenidos para pH , CICT , Ca , Cu , Fe y Textura , mientras que en el cuadro No. 15 se observaron las concentraciones de plomo encontradas en el suelo de las dos zonas estudiadas .

**Cuadro 14 . Pruebas de Rangos Múltiples de Duncan realizado para el elemento plomo (Pb) ,localizado en el follaje de Jacaranda mimosifolia , al comparar zonas de concentración y épocas .**

ELEMENTO	COMPARACION	POSICION	DMS	DMS	DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS	
Pb	T03-T04	4	33.98149	58,32643	52.0	*
	T03-T04	3	33,89695	57,48112	21.0	NS
	T03-T02	2	33,22071	55,02972	5.2	NS
	T02-T04	3	33,89695	57,48112	46.8	*
	T02-T01	2	33,22071	55,02972	15.8	NS
	T01-T04	2	33,22071	55,02972	31.0	NS

**S I M B O L O G I A**

T01- LLUVIAS Y BAJA CONCENTRACION

T02- SECAS Y BAJA CONCENTRACION

T03- LLUVIAS Y ALTA CONCENTRACION

T04- SECAS Y ALTA CONCENTRACION

DMS- DIFERENCIAS MINIMAS SIGNIFICATIVAS

\* - EXISTE SIGNIFICANCIA AL 95% DE CONFIABILIDAD

NS - NO EXISTE SIGNIFICANCIA

Cuadro 15 . Comparación de la concentración del elemento plomo(Pb) en el suelo en dos zonas de alta y baja concentración de bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) .

MUESTRA	ZONA A	ZONA B
1	18.1	1.2
2	32.0	1.9
3	8.5	1.9
4	1.4	1.8
5	16.8	3.4
6	105.4	15.5
7	6.4	3.10
8	16.3	1.1
9	4.0	2.3
10	114.5	5.3
11	126.10	2.10
12	49.9	4.2
<u>PROMEDIO</u>	41.65	3.65



Cuadro 16. Análisis de Varianza realizado para los elementos del análisis químico del suelo en dos zonas de alta y baja concentración de dióxido de azufre (  $SO_2$  ) .

ELEMENTO	FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA.
	TRATAMIENTOS ( ZONA )	1	7395.5	7395.5	6.32 NS
Pb	ERROR	22	25737.9	1169.9	
	TOTAL	23	33133.4		
	TRATAMIENTOS ( ZONA )	1	9235.0	9235.0	30.6 NS
Ca	ERROR	22	3824.0	6283.0	
	TOTAL	23	3060		
	TRATAMIENTOS ( ZONA )	1	0.0988	0.0988	3.48 NS
Fe	ERROR	22	0.6246	0.0284	
	TOTAL	23	0.7235		
	TRATAMIENTOS	1	25.010	25.010	2.40 NS
Cu	ERROR	22	22.825	10.825	
	TOTAL	23	25.326		

NS No significativa .  
Significancia al 95% de Confiabilidad .

## D I S C U S I O N

Por los resultados obtenidos en la presente investigación , es posible afirmar que éstos proporcionan una estimación aceptable , acerca del grado de susceptibilidad que presentan las seis especies estudiadas a los contaminantes contenidos en el aire de la Ciudad de México , tomando como indicadores al bióxido de azufre ( $SO_2$ ) y plomo ( Pb ) , aún cuando debe considerarse el hecho de que están actuando otro tipo de contaminantes ( ozono , óxidos de nitrógeno , nitrato de peroxiacetilo , monóxido de carbono , etileno y otros hidrocarburos ) , además de una serie de factores que alteran el desarrollo normal del arbolado como son : tamaño de la cepa , plagas , daños mecánicos , contaminación del suelo y los factores climáticos como la precipitación y temperatura .

Para la evaluación del estado físico del follaje , se considera que las tablas utilizadas son de gran utilidad ya que reflejan adecuadamente las condiciones que se llegan a presentar en el follaje y que pueden ser utilizadas en otros trabajos similares .

Con los datos obtenidos en la evaluación del estado físico del follaje y del tronco de las especies estudiadas , se formaron tres grupos de acuerdo al comportamiento ( Pésimo, Malo, Regular, Bueno y Sano ) que manifestaron en las zonas de diferente concentración de bióxido de azufre ( $SO_2$ ) (Cuadro No.17).

En el primer grupo (I) se encuentran las especies de la zona de alta concentración de contaminantes (A) que obtuvieron para el estado físico del follaje , menos del 20% de árboles en condiciones Pésimas y Malas , más del 50% en condiciones Regulares y más del 20% en condiciones Buenas y Sanas. Las especies de este grupo presentan un alto porcentaje de fustes en condiciones Buenas y Sanas . El grupo I queda conformado por

Cuadro No. 17 . Agrupamiento de las especies arbóreas con base en el comportamiento que presentan en dos zonas de diferente concentración de SO<sub>2</sub> .

CONDICIONES	ZONA A					ZONA B				
	P	M	R	B	S	P	M	R	B	S
GRUPO I										
<u>Eucalyptus camaldulensis</u>	0	0	65	35	0	0	0	70	30	0
<u>Jacaranda mimosifolia</u>	0	5	70	25	0	0	0	30	70	0
GRUPO II										
<u>Jacaranda mimosifolia</u>	0	5	70	25	0	0	0	30	70	0
<u>Cupressus lindleyi</u>	15	20	65	0	0	0	0	15	70	15
<u>Fraxinus udhei</u>	0	30	50	20	0	0	0	60	35	5
<u>Eucalyptus camaldulensis</u>	0	0	65	35	5	0	0	70	30	0
GRUPO III										
<u>Erythrina americana</u>	25	35	20	20	0	0	15	45	40	0
<u>Salix babilonica</u>	5	10	60	25	0	10	5	15	60	10

S I M B O L O G I A

GRUPO I : Especies recomendables para la zona "A" Mayor concentración de SO<sub>2</sub>.  
 Grupo II: Especies recomendables para la zona "B" Menor concentración de SO<sub>2</sub>.  
 Grupo III: Especies que no son recomendables para ninguna de las dos zonas .

P- Peñimo ; M- Malo ; R- Regular ; B- Bueno y S- Sano

las siguientes especies : Eucalyptus camaldulensis y Jacarana mimosifolia , por lo que se podría recomendar como las más adecuadas para utilizarse con fines ornamentales en esta zona .

En el segundo grupo ( II ) , se encuentran las especies que se pueden considerar útiles para la zona de menor concentración de contaminantes ( B ) , por presentar mayor número de árboles en condiciones de Regular a Sano , para el estado físico del follaje , las especies de este grupo son: Jacaranda mimosifolia , Cupressus lindleyi y Eucalyptus camaldulensis .

El tercer grupo está formado por Erythrina americana y Salix babilonica , porque presentaron en las dos zonas un alto porcentaje de árboles en condiciones de Pésimo y Malo para el estado físico del follaje , en comparación con las otras especies . Por lo tanto estas especies son las menos indicadas para las plantaciones de estas zonas .

Cabe hacer el comentario que estas observaciones solo se hicieron para los árboles plantados en las banquetas , sin considerar camellones, trincheras , parques y jardines , en donde posiblemente los resultados varíen en gran medida , al tener menor presión del asfalto y mayor espacio para el desarrollo de sus raíces, ramas y follaje .

Por lo que respecta al estado físico del tronco , no se encontraron grandes diferencias al comparar los árboles de las zonas de estudio , para las especies : E.camaldulensis , E.udhei y J.mimosifolia , a diferencia de E.americana y S.babilonica que presentaron una mayor diferencia entre las dos zonas.

Sin embargo para la mayoría de las especies, los valores más altos en cuanto a las condiciones de Bueno y Sano, se encontraron en el área de menor concentración de contaminantes . Esta diferencia entre zonas, se debe a que en la zo

na "A" es más transitada, tanto de vehículos como de personas, ya que los accidentes vehiculares causan grandes daños a los árboles que se encuentran en las banquetas, además del daño que les ocasionan las personas que colocan sus pequeños comercios cerca de ellos, como son puestos de fritangas, frutas y otros, llegando incluso estas personas a enterrar clavos en los troncos para colgar sus instrumentos de trabajo. En la zona de menor contaminación, también se llegaron a encontrar troncos en Pésimas y Malas condiciones (15 y 10%), a pesar de ser una zona de menor tránsito vehicular, esto se debe, según observaciones hechas en el lugar, que por ser una zona tranquila, permite mayor actividad de los niños por las calles, redundando en perjuicio de los mismos árboles además de no existir una conciencia cívica forestal en las personas.

Por otro lado, la mayoría de los árboles que presentaron su tronco en condiciones de Malo, mostraron su follaje en condiciones de Regular y Bueno, sin embargo, estos árboles a la larga morirán pues serán presas fáciles de plagas debilitando aún más al árbol y haciendo que sea más susceptible a la contaminación atmosférica.

El suelo es otro factor que tiene importancia para obtener óptimos cultivos de especies ornamentales, ya que éste debe proporcionar un medio libre de factores inhibitorios, tales como acidez o alcalinidad extremas, sustancias tóxicas, exceso de sales, para así permitir un buen desarrollo de los árboles urbanos.

Como se puede apreciar en los resultados obtenidos, (anexo no. 2), el pH del suelo se mantuvo en un rango que va de 7.1 a 7.5, mientras que la textura fue Franco-Arenosa, la cual se encontró en todas las zonas estudiadas. Esta textura permite una rápida infiltración del agua y un mayor movimiento del aire al presentar un gran número de macroporos, aunque estos no retienen la humedad del suelo.

De acuerdo con Ortiz ( 1984 ) , este tipo de textura con un buen abastecimiento de materia orgánica, mejorará la capacidad de retención del agua .

En lo referente a los nutrientes , debe haber un balance adecuado entre la concentración de los diferentes nutrientes solubles en el suelo . Por ejemplo , el calcio es un constituyente de la pared celular y promueve el desarrollo de las raíces , pero el exceso de éste puede interferir con la nutrición del fósforo y boro y pueden amarillarse las plantas debido a la reducción del hierro , zinc y manganeso aprovechable en el suelo . El potasio imparte mayor vigor y resistencia a las enfermedades . El hierro no es un constituyente de la clorofila , aunque ayuda en su formación; una deficiencia de éste causa clorosis ( Ortiz , 1984 ) , sin embargo en los resultados obtenidos en esta investigación , se observa que la concentración de nutrientes es la óptima para el desarrollo de las plantas ( según la apreciación de investigadores del Laboratorio de Suelos del INIF ) , por lo que se puede descartar la posibilidad de que éstos influyan en el mal estado de los árboles urbanos de estas zonas .

Los nutrientes pueden ser o no absorbidos por los árboles aunque la concentración en el suelo sea la óptima. Al analizar los resultados obtenidos , se encontró que la cantidad de nutrientes en el follaje , fue la adecuada , encontrándose también que no había diferencias significativas entre las dos zonas de diferente concentración de dióxido de azufre ( $SO_2$ ) .

Uno de los contaminantes primarios es el plomo (Pb) , el cual puede ser absorbido por la planta en forma directa a través de las hojas, o indirecta , por conducto del suelo. Sin embargo no parece causar un daño visible a las plantas , aún cuando pueden acumularlo en diferentes partes de su estructura ( A.S.A. s/a ) .

Al comparar los resultados de la concentración de plomo ( Pb ) de las especies arbóreas en las dos zonas , se observaron - que los valores más altos corresponden a la zona "A" en la época de estiaje . Durante la época de lluvias , esta con - centración disminuye debido al lavado que sufren los árboles y la atmósfera . La diferencia entre zonas se debe principal - mente a que el ambiente en zonas de intenso tránsito contie - ne más plomo que en las zonas con poco tránsito ( Cuadro 11 ) .

Al realizar el análisis de varianza para los datos de concentración de plomo ( Pb ) en el follaje , entre zo - nas , época y especies , se encontró que había diferencias - significativas en tres especies arbóreas : Jacaranda mimosi - folia , Cupressus lindleyi y Salix babilonica ( cuadro No.6, 7 y 8 ) . La especie que presentó mayor concentración de es - te metal pesado fué Jacaranda mimosifolia y al comparar es - tos resultados con el estado físico del follaje , se puede observar que a pesar de su alta concentración de plomo ( Pb ) , no presentó árboles con follaje en condicones Pésimas y en condiciones Malas , el porcentaje es muy bajo ( 5% ) para la zona "A" , predominando los árboles en condiciones de Regu - lar y Bueno . La especie que le sigue en grado de concentra - ción de plomo es Cupressus lindleyi , sin embargo , al com - parar los resultados del estado físico del follaje , vemos que existe un porcentaje de árboles en condiciones Pésimas y Malas , pero hay que tomar en cuenta que el follaje de es - ta especie acumula gran cantidad de polvo y basura , aunado a su carácter perennifolio .

Erythrina americana fué la especie que presentó va - lores intermedios de concentración de plomo , tanto en la zo - na "A" como en la zona "B" , mientras que las demás especies mostraron valores más bajos y similares .

Con base en todo lo anterior , se desprende que algu - nas especies arbóreas pueden disminuir en cierto grado la

contaminación de plomo presente en la atmósfera , ya que sirven como cuenca de captación para este metal pesado , el cual puede ser sumamente dañino para los seres humanos o animales , en especial los domésticos ( Bustamante , 1971 ; A.S.A.,s/a). Las especies más importantes en este aspecto puede ser Jacaranda mimosifolia ( la cual presentó los valores más altos ) con la ventaja de que la mayoría de los árboles se encuentran en condiciones de Regular Y Bueno , para la zona de mayor concentración , la cual como se comentó anteriormente, presenta un elevado tránsito vehicular . Otra ventaja de esta especie es su carácter caducifolio , ya que al desprenderse las hojas , el plomo contenido en ellas , puede ser transportado hacia los basureros al barrerse las calles, empero , las mismas hojas pueden ser acarreadas hacia el drenaje , en la época de lluvias y contaminar los ríos .

El caso de Cupressus lindleyi , es también importante por retener una gran cantidad de plomo en su follaje ( principalmente debido a su carácter perennifolio ) , sin embargo como se observa en el cuadro No.17 , presenta árboles en condiciones Pésimas y Malas en la zona "A" , lo que la hace poco útil en la misma .

Erythrina americana presenta valores intermedios de concentración de plomo en su follaje , sin embargo , por los valores obtenidos del estado físico del mismo , no es recomendable su utilización en esas zonas .

Aunado a lo anterior , debe de tomarse en cuenta una serie de características del desarrollo de los árboles y del lugar en que se plantarán , como : tamaño de la cepa , altura que alcanza el árbol , espaciamiento , longevidad de la especie , ramas y troncos quebradizos , carácter caducifolio o perennifolio , y tipos de crecimiento radical , entre las más trascendentes . Lamentablemente la información sobre estas características es aún limitada .

Es necesario tomar en cuenta que no por el hecho de co



nocer las especies arbóreas más tolerantes a la contaminación se vaya a terminar con este problema , al contrario , si no se pone un especial interés en abatir los índices de contaminación , estaremos mandando a los árboles a morir irremediablemente en nuestras ciudades o áreas industriales.

Como ya se mencionó al principio , el principal objetivo de este trabajo , fué el de reconocer las tendencias en el comportamiento de algunas especies arbóreas urbanas a las condiciones de la Ciudad de México , con el propósito de coadyuvar a una selección adecuada de especies para la misma , el cual se cumplió , ya que se logró determinar cuales de las 6 especies estudiadas son las más adecuadas para cada zona. Sin embargo , en la Ciudad de México existe un gran número de especies que no se pudieron considerar en este trabajo , por no encontrarse el número suficiente de individuos ( 40 árboles de cada especie por zona ) , dichas especies son : Casuarina equisetifolia , Lagustrum lucidum , Liquidambar styraciflua , Populus sp. y Ulmus sp. , las cuales pueden ser motivo de nuevas investigaciones , y de esta manera ampliar el número de especies recomendables para cada zona. Aunado a lo anterior , es necesario continuar con estudios similares en otras zonas y con el mayor número de especies , para abarcar la mayor parte de la Ciudad de México , y dar una relación de especies adecuadas para cada una de las zonas de la Cuenca del Valle de México .

Si el árbol no es apropiado a la zona , es posible que no sobreviva o que el costo de su mantenimiento sea excesivo y si sobreviviera , su función podría no ser la óptima o en el peor de los casos , se malgastó el costo de su instalación y mantenimiento , aunado el tiempo que se pierde en el periodo durante el cual otra especie , la apropiada , podría desarrollarse adecuadamente .

## C O N C L U S I O N E S

De acuerdo con las observaciones realizadas en las especies arbóreas urbanas , en las zonas de alta y baja concentración de bióxido de azufre (  $SO_2$  ) y habiendo considerado algunos de los factores que pudieran intervenir en el estado físico del follaje , es posible concluir :

- 1.- Se presentaron diferencias en las condiciones del follaje de los árboles de las dos zonas de diferente concentración , encontrándose los mayores porcentajes de Pésimo y Malo en la zona de alta concentración .
- 2.- La especie arbórea más susceptible en la zona de alta concentración de contaminantes atmosféricos ( tomando como indicador al  $SO_2$  ) fué Erythrina americana ( colorín ) y la especie Eucalyptus camaldulensis fué la menos susceptible .
- 3.- La especie Erythrina americana fué la más susceptible en la zona de menor concentración de  $SO_2$  y la menos susceptible fué Jacaranda mimosifolia ( Jacaranda ) .
- 4.- En la época de lluvias , la concentración de plomo (Pb) presente en las hojas disminuye en promedio, casi un 50% .

- 5.- Las especies Cupressus lindleyi ( cedro ) y Jacaranda mimosifolia acumularon altas concentraciones de plomo (Pb ) en su follaje en las dos zonas .
- 6.- En el análisis que se hizo en conjunto , considerando la concentración de plomo y el estado físico del follaje , se llegó a la conclusión de que las especies arbóreas urbanas Jacaranda mimosifolia y Eucalyptus camaldulensis son las más recomendables para la zona de alta concentración de contaminantes , mientras que las especies arbóreas urbanas Eucalyptus camaldulensis ( eucalipto ) , Fraxinus udhei ( fresno ) , Jacaranda mimosifolia ( Jacaranda ) y Cupressus lindleyi , son las más recomendables para la zona de menor concentración de contaminantes en la Ciudad de México, claro está , bajo las condiciones adecuadas para su plantación .

## B I B L I O G R A F I A

- Applied Science Associates Inc. s/a . Diagnosing Vegetation Injury  
Caused by Air Pollution. Ed. N.L. Lacasse y  
M. Treshow . Environmental Protection Agency.  
E.U.A. 165 p .
- Bauer , L. I. 1972 . Uso de plantas indicadoras de Aeropolutos  
en la Ciudad de México . Agrociencia 9 ( D ) :  
239 - 241 .
- Bravo, A.H. 1969 . La Contaminación Atmosférica y su relación  
con el flujo de vehículos en la Ciudad de  
México . Publicación del Instituto de Inge-  
nería 227 . Com. Organizador de los Juegos  
XIX de la Olimpiada .
- Brennan,E.G. 1967 . Characterization of tree plant damage,problem  
by air pollutants in New Jersey . Plant Disease  
Reporter . 51: 10 .
- Bustamante,N.E. 1971. El enfoque sanitario . En:Mesas redondas sobre  
la deterioración del ambiente . Ed. Por el Ins-  
tituto Mexicano de Recursos Naturales , A . C .  
35 - 70 p .
- Corona , V . 1974 . La Vegetación en el medio urbano . Biología .  
4 ( 4 ) : 117 - 120 .

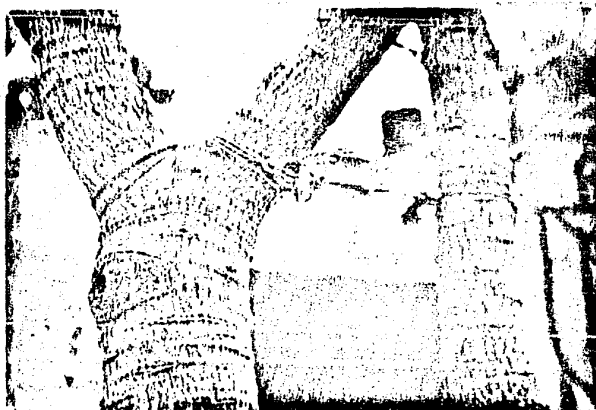
- Decourt, N . 1978 . Sobre algunas funciones de los árboles y bosques en el medio urbano . En : Ecología Forestal . Ed. Pesson . Ediciones Mundiales , Madrid . 67 - 79
- Dedolph , R.G.1970 . Sources of lead in perennial Rye Grass Radishes . Environ. Sci. Technol. 4:217-223 .
- González,V.C.E.1984. Los Inventarios en la Dasonomía Urbana . En : Encuentro Nacional sobre Inventarios Forestales en Chihuahua,Chih. INIF ., Subsecretaría Forestal , SARH . México . 63 - 80 .
- Gray, W.G. y Deneke ,F.J. 1978 . Urban Forestry . John Wiley and Sons. New York . 279 p .
- Herrera,A.M.1983 . Ecología y Política . El Deterioro de la vida en el D.F. Así es . ( 49 ): 8 .
- Hindawi,I.J. 1970 . Air Pollution Injury to Vegetation . U.S. Dept . Health,Educ, Welf., NAPCA publ. A.P. 71 p .
- Hitchings,D.R. s/a. Prontuario de Dasonomía Urbana .Environmental Research Laboratory . University of Arizona. 37p.
- Jáuregui,O.E.1958 . El Aumento de la turbiedad del aire en la Ciudad de México . 4: A 77 - A 81 .

- Kennedey , V. C. 1966 . Geochemical studies in the district, Shoshone Country . IDAHO U.S. Geol. Surv. Bull. 1098.
- Mansfield, T. 1970 . Effects of air pollutants on plants. Cambridge University. 209 p .
- Mitchell, R.L. y Reith, J. 1966 . The lead content of pasture herbage . Sci. Food Agric. 17: 437-440 .
- Moeller, G.H. 1981 . Forest Service programs to support urban - forest resource . Hortscience . 16: (3) 271-273.
- Mudd, J.B. 1975 . Sulfur dioxide . En : Responses of plants to air pollution . Ed. J.B. Mudd y T.T. Kozlowski. 9-22 .
- Mukammal, E.I. Brandt, C.S. Neuwrith, R. : Rack, D.H. y Swinbank, C. 1968 . Air pollutants, Meteorology , and plant injury. World Meteorology Organization . Technical note No. 96, Genova, Suiza . 73 p .
- Organización Panamericana de la Salud . 1979 . Criterios de Salud Ambiental 3 . Publicación Científica 388 . 80 p.
- Ortiz, V.B. y Ortiz, S.C.A. 1984 . Edafología . 4a. Ed. U.A.CH. México . 379 p .
- Parker, R.E. 1976 . Estadística para biólogos . Omega . Barcelona . 136 p .
- Quintanar , 1972 . Parques y Jardines . Ed. Mimeográfica , UACH. México , 346 p .

- Ross , R.D. 1974 . La Industria y la Contaminación del aire . Ed. Diana . México . 525 p .
- S.A.H.O.P. 1979 . Ecoplan del Valle de México. Subsecretaría de Asentamientos Humanos . Dirección General de Ecología Urbana . Subsecretaría de A.H. México, D.F. 173p .
- Scurfield,G. 1966 . Air pollution and tree growth . Forestry Abstracts 21: 1-34 .
- Secretaría de Salubridad y Asistencia . 1973 . Primera Reunión Nacional Sobre Problemas de Contaminación Ambiental. Subsecretaría del Mejoramiento del Ambiente. S.S.A. México.
- S.E.D.U.E. 1986 . Informe sobre el estado del medio ambiente en México. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología .
- Smith,W.H. 1978 . Air pollution and Forest. Ed. Springer Verlag . New York .
- Tattar,A.T. 1978 . Diseases of shade trees . Academic Press, New York. 361 p .
- Treshow,M. 1970 . Environmental and plant response. Mac Graw Hill Book and Cny. , New York . 422 p .
- Turk,A.; Turk,J. ; Wittes,J.T. 1973 . Ecología , Contaminación, Medio Ambiente . Interamericana S.A. México,D.F. 227p .
- Ven Felt,J. 1982 . Trees in the suburbs . Forest and Timber. 18(2) : 32-34 .



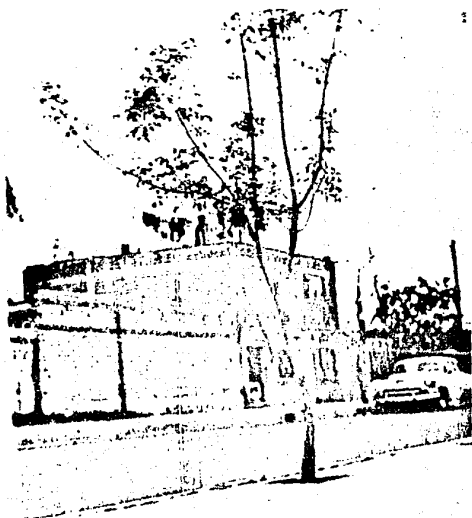
Salix babylonica.- Tronco con características de "Malo" y follaje "Regular " .



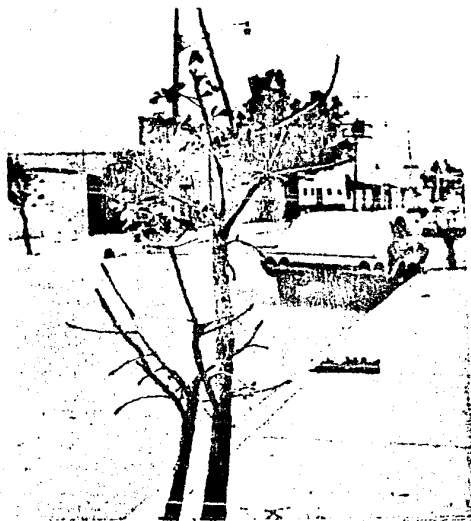
Erythrina americana .- Ahorcamiento en ramas .

Arboles con daños mecánicos en el tronco en la zona de baja concentración de bióxido de azufre(SO<sub>2</sub>) .





Fraxinus udhei



Erythrina americana

Arboles con características de Pésimo , en la zona de alta concentración de bióxido de azufre(SO<sub>2</sub>) .

ANEJO 1 . Tabla de recopilación de datos .

FECHA \_\_\_\_\_

LEVANTO \_\_\_\_\_

ZONA \_\_\_\_\_

AREA \_\_\_\_\_

SECCION \_\_\_\_\_

CALLE \_\_\_\_\_

ARBOL #	ESPECIE #	DIAMETRO (cm)	ALTURA (mts)	COBERTURA	EDO. FISICO TRONCO	EDO. FISICO FOLLAJE	TAMAÑO DE CEPA

ANEXO 2 . Datos obtenidos del análisis físico y químico del suelo en dos zonas de diferente concentración de dióxido de azufre ( SO<sub>2</sub> ) .

ZONA	No.DE MUESTRA	TEXTURA	pH	CICT	Ca	Fe	Cu
ALTA CONCENTRACION DE SO <sub>2</sub> .	1	FRANCO-ARENOSA	7.1	40.29	6500	0.4	0.8
	2	FRANCO-ARENOSA	7.3	48.48	6320	0.3	0.4
	3	FRANCO-ARENOSA	7.1	37.87	5020	0.3	0.5
	4	FRANCO-ARENOSA	7.1	40.30	6660	0.2	0.8
	5	FRANCO-ARENOSA	7.3	43.43	7000	0.5	1.4
	6	FRANCO-ARENOSA	7.1	45.50	6300	0.6	0.8
	7	FRANCO-ARENOSA	7.2	43.43	6870	0.7	1.7
	8	FRANCO-ARENOSA	7.2	44.44	6250	0.7	1.2
	9	FRANCO-ARENOSA	7.4	42.92	6250	0.6	0.1
	10	FRANCO-ARENOSA	7.4	38.28	5480	0.6	1.4
	11	FRANCO-ARENOSA	7.5	38.03	54.30	0.6	0.8
	12	FRANCO-ARENOSA	7.2	42.23	66.90	0.7	0.1
BAJA CONCENTRACION DE SO <sub>2</sub> .	1	FRANCO-ARENOSA	7.1	46.00	6650	0.3	0.1
	2	FRANCO-ARENOSA	7.5	46.46	6810	0.1	0.2
	3	FRANCO-ARENOSA	7.5	58.07	7250	0.1	0.2
	4	FRANCO-ARENOSA	7.4	43.93	7100	0.2	0.1
	5	FRANCO-ARENOSA	7.1	39.39	6605	0.2	0.4
	6	FRANCO-ARENOSA	7.4	59.05	6290	0.4	0.8
	7	FRANCO-ARENOSA	7.4	36.05	6680	0.2	0.1
	8	FRANCO-ARENOSA	7.5	49.99	7205	0.3	1.6
	9	FRANCO-ARENOSA	7.5	32.32	7670	0.5	0.6
	10	FRANCO-ARENOSA	7.4	51.71	6900	0.3	1.7
	11	FRANCO-ARENOSA	7.3	38.88	7200	0.2	0.5
	12	FRANCO-ARENOSA	7.1	48.48	6432	0.3	1.1

S I M B O L O G I A

CICT - INTERCAMBIO CATIONICO ; Ca- CALCIO ; Fe- FIERRO ; Cu- COBRE

ANEXO 3 . Datos obtenidos del follaje de las especies arbóreas urbanas , en dos zonas de distinta concentración de dióxido de azufre ( SO<sub>2</sub> ) .

ESPECIE	ZONA A			ZONA B		
	Ca	Cu	Fe	Ca	Cu	Fe
<u>Cupressus lindleyi</u>	15350	9.0	150.5	15300	8.5	200.5
<u>Erythrina americana</u>	19450	15.5	126.5	15650	11.0	102.0
<u>Eucalyptus camaldulensis</u>	8500	19.0	110.0	10600	14.0	100.0
<u>Fraxinus udhai</u>	9950	15.0	124.0	9750	12.0	81.0
<u>Jacaranda mimosifolia</u>	9850	20.0	150.0	11500	19.0	166.5
<u>Salix babilonica</u>	10900	13.0	187.0	10650	14.0	154.0

S I M B O L O G I A

Ca - CALCIO ; Cu - COBRE ; Fe - FIERRO

ZONA A - ALTA CONCENTRACION ; ZONA B - BAJA CONCENTRACION .