

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE
MEXICO

UNIDAD ACADEMICA DE LOS CICLOS PROFESIONAL
Y DE POSGRADO
DEL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN MATEMATICAS
APLICADAS Y SISTEMAS

"EL USO DE LOS MUSGOS EPIFITOS COMO INDICADORES
DE CONTAMINACION ATMOSFERICA EN LA CIUDAD DE
MEXICO"

TRABAJO FINAL PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALISTA
EN ESTADISTICA APLICADA.

PRESENTA

ANGEL DURAN DIAZ

MEXICO.D.F

BIBLIOTECA
JUAN A. ESCALANTE B.
UNIDAD ACADEMICA DE
LOS CICLOS PROFESIONAL
Y DE POSGRADO / CCH
U N A M

1984



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A: LAURA

A: MI MADRE

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer al M. en C. José Luis Pablos H. la supervisión de éste trabajo, y al Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y Sistemas de la U.N.A.M. por el apoyo brindado para su realización.

En forma muy especial quiero hacer llegar mi agradecimiento a la Act. Silvia Ruiz V., y al Biol. José Luis Andrade T. Así mismo mi reconocimiento a todos los profesores de la Especialidad que ayudaron a mi formación.

Dr. Ignacio Méndez R.

M. en C. Miguel Quibrera M.

Dr. Alfonso Hernández A.

Act. Margarita Chávez C.

Dr. Said Infante G.

Act. Ramón Rodríguez H.

Act. Adriana Duccing W.

Act. Belem Trejo V.

Act. Patricia Romero M.

Fis. Mat. Jorge Domínguez D.

INDICE

| | Pág |
|---------------------------------|-----|
| 1. INTRODUCCION | 1 |
| 2. REVISION DE LITERATURA | 3 |
| 3. MATERIALES Y METODOS | 8 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSION | 12 |
| 5. RECOMENDACIONES | 19 |
| 6. CONCLUSIONES | 21 |
| 7. BIBLIOGRAFIA | 22 |
| ANEXO 1 | 26 |
| ANEXO 2 | 27 |
| ANEXO 3 | 28 |

1. INTRODUCCION

El área metropolitana del Distrito Federal ocupa una superficie de 1347 Km², con una población estimada de 15 millones de habitantes y una producción industrial que en términos económicos representa la mitad de la producción industrial total del país (SMA 4-1978). Según datos obtenidos y presentados en el Primer Simposium sobre la Contaminación del Aire de la Ciudad de México (Baez, 1968; Bravo, 1968), del 60 al 80 por ciento de la industria pesada del Estado de México se encuentra situada dentro de la propia cuenca del Valle de México y colindando con la Ciudad de México.

Debido a su situación geográfica particular y a su gran densidad demográfica e industrial, en años recientes se han presentado niveles muy altos y peligrosos de contaminación del aire en la Ciudad de México. Este problema sigue agudizándose particularmente por las condiciones topográficas de la Ciudad de México que impiden su adecuada ventilación. Además, como la Ciudad de México se encuentra dentro de la porción del territorio nacional -- que presenta largas temporadas de sequía y alto grado de erosión, a la contaminación atmosférica se agrega el fenómeno del efecto eólico conocido como "tolvaneras" (SMA 4-1978). Por éstas condiciones, en la década de los sesentas la Ciudad de México fué considerada internacionalmente como una de las urbes más contaminadas del planeta.

Es claro que el medio ambiente en muchas ciudades se ha deteriorado; no se observa el establecimiento y crecimiento de la vegetación epífita y los árboles muestran signos de decadencia -- posiblemente como resultado de la multiplicidad de los contaminantes atmosféricos en áreas urbanas.

En el D.F. la Subsecretaría del Mejoramiento del Ambiente (SMA) ha propuesto un índice de calidad del aire (IMEXCA) (SMA 2-1978) que indica el nivel de contaminación presente en una localidad dada. Aunque éste índice permite ciertas evaluaciones (sujetas a discusión) es difícil interpretar para evaluar los efectos de la contaminación sobre la vida vegetal y animal.

Por ésta razón, el objetivo del presente estudio es el contribuir al conocimiento de los efectos de la contaminación --- atmosférica sobre la vegetación epífita de musgos establecida en la Ciudad de México.

2. REVISION DE LITERATURA

La sensibilidad de musgos y líquenes a la contaminación atmosférica ha sido estudiada desde los sesentas tratando de relacionarlos con los niveles de contaminación de ciudades. Un método utilizado con éste propósito es el de mapeo de un área contaminada por medio del IPA (Indice de Pureza Atmosférica) que se elabora en base a datos fitosociológicos de las especies de musgos y líquenes (Rao y Leblanc 1967; Haksworth y Rose 1970; Gilbert --- 1968, 1970 a,b). Leblanc (1966) utilizó éste método en un estudio en Sudbury, Ontario y mostró que en el centro de la ciudad los árboles están desprovistos de epífitas. Sin embargo, en un radio de 15-18 millas alrededor éstas plantas reaparecen con una vitalidad reducida. Fuera de éste territorio las epífitas son abundantes y bien desarrolladas. Aparte, Rao y Leblanc (1967) en Wawa, Ontario indican que existe correlación entre el contenido de SO_4 (sulfatos) en el suelo y niveles de SO_2 (dióxido de azufre) atmosférico con los datos fitosociológicos de las epífitas. En zonas donde la concentración de SO_4 en el suelo es mayor de 1.4 meq/100 (miliequivalentes por cien gramos de suelo), el número de especies es cero mientras que en una zona cuya concentración es menor de 0.4 meq/100 gr de suelo el número de especies es de 79. Para la correlación con el SO_2 encontraron que en la zona con una concentración mayor de 0.030 ppm (partes por millón) de SO_2 el número de especies correspondiente era de 2 y para una zona entre 0.005 y 0.010 ppm de SO_2 el número de especies era de 27. Gilbert (1968) obtuvo resultados similares cerca de una zona carbonera, donde a una concentración mayor de 0.010 ppm de SO_2 las briofitas no existen. Leblanc (1970 a,b) en Sudbury, Ontario, encuentra que

Las zonas de IPA se distribuyen de manera similar a las encontradas en Quebec. La zona de menor contaminación correspondía a la zona 2 con valores del IPA mayores de 55 y con una concentración casi nula de SO_2 . También observa daños en las plantas como: plagmólisis y degradación de clorofila. En la ciudad de Mordoville -- los valores de IPA y SO_2 son iguales, sólo que su distribución -- geográfica sigue la dirección dominante del viento (NO - SE). Del análisis de regresión se obtiene que existe un coeficiente de --- correlación de 0.94 entre el IPA y la distancia a la fuente de -- emisión. El coeficiente entre IPA y SO_2 resultó ser de -0.76 (Leblanc, 1974 a,b). Jhonsen (1976) en el área de Aalborg, Dinamarca estudió las distribuciones de musgos y líquenes y los correlació con los datos de contaminación atmosférica y las propiedades de -- la corteza. Los resultados del análisis de correlación muestran -- que existe una mayor asociación (0.91) entre la frecuencia de --- Ortotrichum diaphanum y el pH de la corteza que entre la frecuencia de la misma especie y el nivel de SO_2 (coeficiente de correlación de -0.56).

Los efectos de la contaminación atmosférica sobre la fertilidad ha sido estudiada por Leblanc (1970 a). El ha encontrado que la fertilidad de Physcia millegrana y de la especie Xanthoria --- fallax, decrece conforme se incrementan los niveles de SO_2 al centro de Montreal. Para ésta ciudad se determinaron 5 zonas de contaminación por SO_2 : la zona 1 con niveles de SO_2 mayores de 0.030 ppm presenta un porcentaje de fertilidad de cero para las dos especies. La zona 5 con niveles de SO_2 menores de 0.010 ppm tiene -- un porcentaje de fertilidad de 77 por ciento para Physcia m. y 38 por ciento para Xanthoria f.

Los efectos sobre la diversidad ecológica han sido estudiados por Nash (1973). Al estudiar la diversidad de líquenes de corteza y terrícolas cercana a fuentes de emisión de contaminantes de Leigh, Canadá, se ha encontrado que ésta se reduce comparativamente con la de áreas sin contaminación. Esta tendencia también es observada respecto a su cobertura; siendo para áreas sin contaminación de $927.5 \text{ cm}^2/\text{cm}^2$ y de $191 \text{ cm}^2/\text{cm}^2$ para áreas contaminadas. Según éstos resultados, la distribución, cobertura y diversidad es concéntrica a la fuente de emisión. Showman (1978) encuentra la misma tendencia alrededor de una planta carbonera.

Se ha desarrollado un segundo método para el estudio de los efectos de contaminación sobre los musgos y líquenes. En éste los discos de corteza que soportan tales organismos son transplantedos sobre árboles seleccionados en sitios de un área contaminada. Leblanc y Rao (1970 b) realizaron trasplantes de líquenes y musgos en varios sitios cercanos a una fábrica en Arvida, Quebec. Los resultados observados en el cambio morfológico de los trasplantes son: decoloración, no producción de soroidos y plasmólisis celular. También se observan cambios en los picos de absorción de clorofila a y b y de pigmentos accesorios. Estos cambios están relacionados directamente con el tiempo de exposición de los trasplantes, y dirección a la fábrica e inversamente relacionados con la distancia a la fábrica. Leblanc y Rao (1970, 1973 a,b) observaron los mismos efectos y que además el contenido total de sulfuro en el talo de líquenes se incrementa directamente con el nivel de contaminación.

En la misma década de los sesentas se intentó una aproximación experimental para el estudio de la contaminación ambiental

basada en la comparación de la morfología y la fisiología de líquenes y musgos crecidos bajo condiciones ambientales normales y de contaminación simulada. De los primeros estudios experimentales de musgos y líquenes (Leblanc y Kao, 1966; Leblanc y Skye, -- 1968) algunos de los cuales han sido realizados en Ontario y Montreal, han demostrado que exposiciones de éstos organismos a niveles de SO_2 de 0.95 ppm por una hora, 0.55 ppm por dos horas y 0.35 ppm por cuatro horas causan plasmólisis y destrucción celular. En muchos casos se observa que los efectos con los gaseados con SO_2 se incrementa bajo condiciones de humedad. Nash (1973) -- al estudiar la respuesta de líquenes a gaseados de SO_2 en condiciones de humedad y sequedad observa que el porcentaje de clorofila a una concentración de 2 ppm de SO_2 en Cladonia coniocraea es un 25 por ciento del total bajo condiciones de humedad. Bajo condiciones de sequedad el porcentaje de clorofila es de 41.2 -- por ciento, y en condiciones normales es de 57.6 por ciento. Las mismas tendencias se observan en Cladonia cristatella y Parmelia sulcata. Posteriormente el mismo autor (1976) realiza el estu--- dio con gaseados de NO_2 (dióxido de nitrógeno) a diferentes concentraciones, encontrando que a las concentraciones de 4ppm y -- 8 ppm la cantidad de clorofila se reduce un 50 por ciento y un 95 por ciento respectivamente. Los efectos observados variaban -- según la especie del líquen tratado.

En otros estudios se ha observado que la fijación de -- carbono marcado se reduce durante la fotosíntesis cuando hay un alto nivel de SO_2 y el pH es bajo (Puckett 1973 a, b; Malhortra- 1976; Inglis 1974). Las tasas de respiración de líquenes también decrecen en relación inversa al nivel de SO_2 y tiempo de exposición. Los resultados obtenidos indican que con exposiciones a niveles de 94 ppm de SO_2 por treinta días, la tasa de respiración--

es de 200 ml de O_2 (oxígeno), y para un nivel de 18 ppm de SO_2 - por treinta días la tasa de respiración es de 750 ml de O_2 (Everman, 1978).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 AREA DE ESTUDIO.

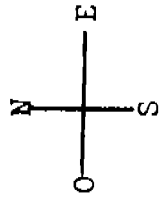
La ciudad de México está localizada según Schlaepfer -- (1968) entre los $19^{\circ} 00'$ y $19^{\circ} 30'$ lat. N y los $98^{\circ} 55'$ y $90^{\circ} 20'$ long. Oeste al sur de la cuenca del Valle de México con una altura de 2240 m.s.n.m. La ciudad de México limita al Norte con la -- Sierra de Guadalupe que tiene una extensión de 16 km de Norte a -- Sur y 17 kms de Este a Oeste; al Oeste se une con la Sierra Madre Occidental a través de la Cuesta de Barrientos; al Noreste se --- abre una llanura con una altura promedio de 2400 mts. ocupada en parte por el actual lago de Texcoco. Al Sur de la Ciudad de Méxi- co se localiza una gran extensión cubierta por derrames de lava - sobrepuesta, con numerosos aparatos volcánicos de formación re--- ciente, donde se encuentra el Cerro Chichinautzin cuya altura lle ga a los 3450 mts. Al Este, la cuenca del Valle de México limita con la Sierra Nevada cuyos picos más elevados son el Popocatepetl (5450 mts) y el Iztaccihuatl (5286 mts); en la parte Oeste de la Ciudad de México se encuentra la Sierra de las Cruces, con altu-- ras superiores a 3500 mts, que incluye además al Sur, el Cerro -- del Ajusco (3940 mts) y parte de la Sierra de Zempoala, (Fig 1).

3.2 TRABAJO DE CAMPO

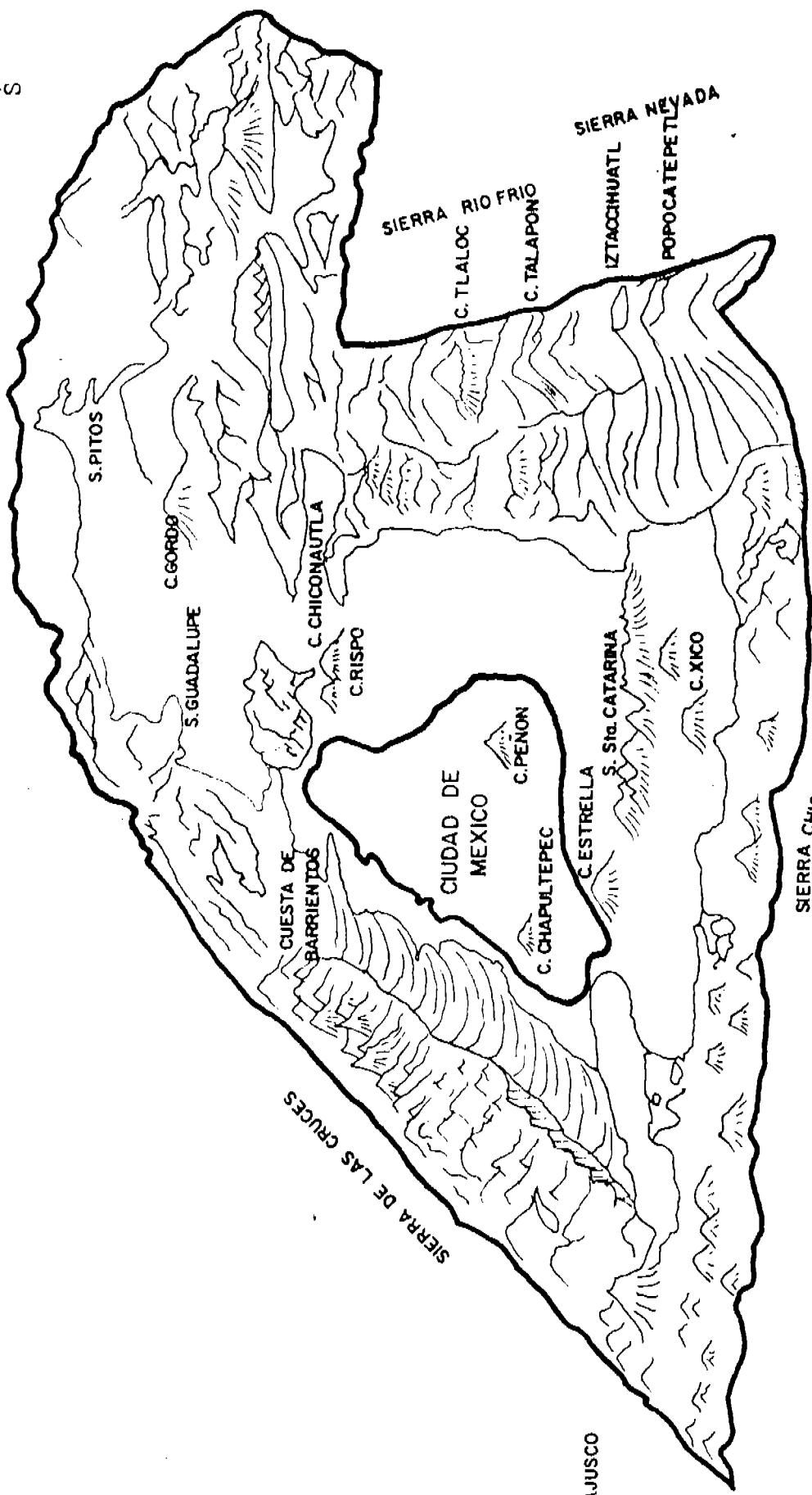
3.2.1. Inventario briológico: Se identificaron hasta el nivel de especie todos los musgos encontrados, sin tomar en cuenta su dis tribución geográfica.

3.2.2. Obtención del Índice de Pureza Atmosférica (IPA): Para ob tener el IPA propuesto por Leblanc y Desloover (1970) (Ver Anexo

Fig.1 OROGRAFIA DEL VALLE DE MEXICO. TOMADO DE BRAVO (1968)



SIERRA DE PACHUCA



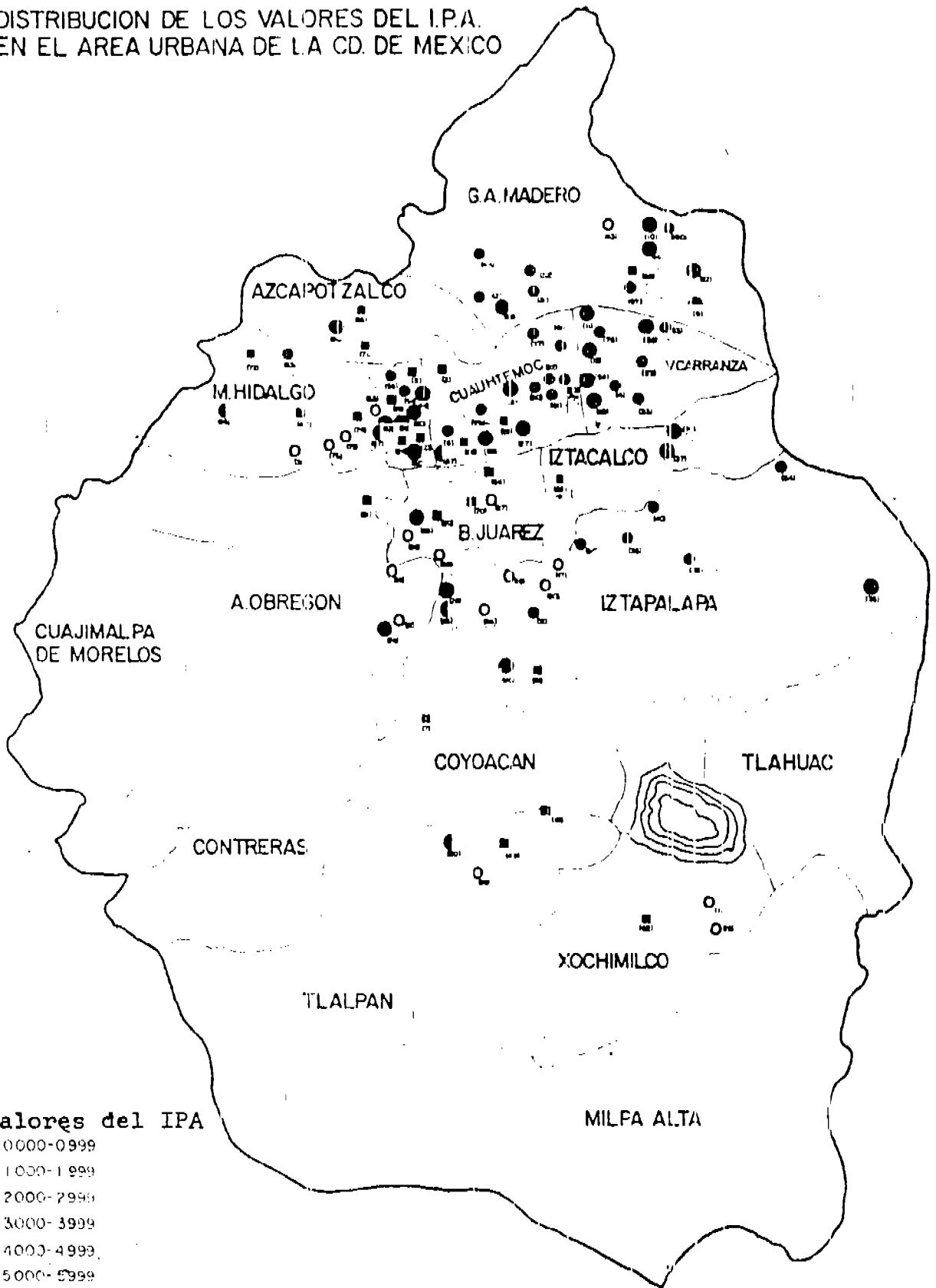
SIERRA CHICHINAUTZIN

1) se hicieron muestreos de musgos epífitos en 100 estaciones --- (jardines y parques públicos). Dichos muestreos se efectuaron sólo sobre árboles de Casuarina sp y de Fraxinus sp, en virtud de que éstas son las plantas de mayor abundancia y frecuencia (Moreno, 1981) por ser de uso común como ornamentales en toda la Ciudad de México. El número de estaciones que se estudió no se fijó de antemano, sino que fueron seleccionadas al muestrear exhaustivamente cada una de las delegaciones políticas de la Cd. de México. A pesar de ello, no toda la Ciudad quedó representada ya que hubo estaciones en la que no aparecieron los árboles de interés (Casuarina sp y Fraxinus sp) o bien éstos eran árboles muy jóvenes, con una corteza poco rugosa, lo cual impidió el establecimiento de los musgos epífitos. En cada estación se eligieron 10 árboles de ambos géneros que tuvieran de 0.45 a 0.80 mts de diámetro para Casuarina sp y de 0.62 a 1.00 mts para Fraxinus sp. Las mediciones en cada árbol se hicieron a 1.30 mts de la base.

3.2.3. Mapeo de la Ciudad de México utilizando el IPA: Una vez obtenidos los datos del IPA para cada estación de muestreo, éstos se anotaron en un mapa de la Cd. de México (ver Mapa 1). Finalmente, para cada una de las estaciones de muestreo se obtuvieron los datos referentes a la concentración de SO_2 (SMA 3, 1973), temperatura y precipitación pluvial (García, 1973). Con los datos de concentración de SO_2 por estación muestreada se delinearon seis isolíneas de contaminación atmosférica (ver Mapa 2). Estas isolíneas se delinearon uniendo los puntos de la Ciudad que presentaron el mismo nivel de contaminación por SO_2 . A partir de éstas isolíneas se conformaron arbitrariamente 3 zonas de contaminación por SO_2 : La primera zona con niveles de SO_2 que van de 0.005 a 0.019 ppm, la segunda zona con niveles de SO_2 entre 0.020 a 0.039

+ Comunicación personal del Dr. Ernesto Jáuregui, U. Lab. de Climatología-Instituto de Geografía.

MAPA I
 DISTRIBUCION DE LOS VALORES DEL I.P.A.
 EN EL AREA URBANA DE LA CD. DE MEXICO



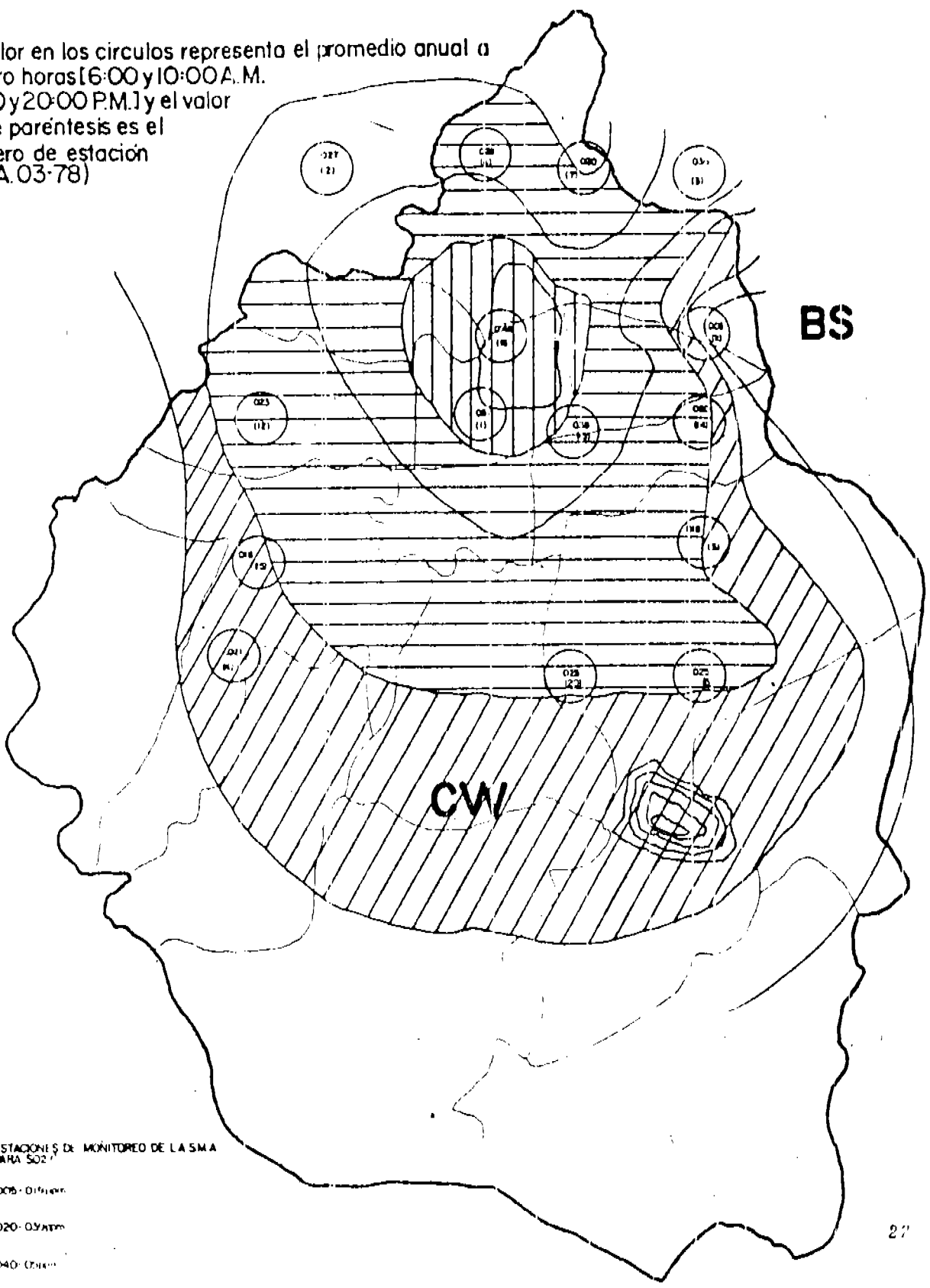
valores del IPA

- 0000-0999
- 1000-1999
- 2000-2999
- 3000-3999
- 4000-4999
- 5000-5999

() El número en el paréntesis representa el número de la estación muestreada.

**MAPA 2 DISTRIBUCION DE LAS ZONAS DEL SO₂
EN EL AREA URBANA DE LA CD. DE MEXICO**

(El valor en los círculos representa el promedio anual a cuatro horas [6:00 y 10:00 A.M. 14:00 y 20:00 P.M.] y el valor entre paréntesis es el número de estación S.M.A.03-78)



- ESTACIONES DE MONITOREO DE LA S.M.A PARA SO₂
- ▨ 026 - Difusión
- ▨ 020 - 03 atm
- ▨ 040 - 02 atm

ppm, y finalmente la tercera zona con niveles que van de 0.040 a 0.050 ppm. En el Anexo 2 se encuentran las 100 estaciones muestreadas con datos referentes a : IPA, número de especies, SO_2 , temperatura, y precipitación pluvial, y en el Anexo 3 puede encontrarse la localización precisa de cada una de ellas.

3.3 ANALISIS ESTADISTICO

3.3.1. Para entender el patrón de conducta de la vegetación epífita en relación a la contaminación atmosférica y a las variables ambientales se utilizó el Análisis de Varianza multivariado (MANDEVA); mediante ésta técnica se determinó si existe efecto de los niveles de contaminación (tratamientos) sobre las dos variables de respuesta medidas (IPA y número de especies). Para tal efecto se utilizó el criterio de Roy de la máxima raíz característica de HE^{-1} ($Ch1 (HE^{-1})$) y como estadístico de prueba el propuesto por Heck, (Morrison, 1967; Chatfield, 1980).

3.3.2. Análisis de Correlación Canónica: Para determinar la posible asociación entre el grupo de variables biológicas (IPA y número de especies) y el grupo de variables ambientales (SO_2 , temperatura y precipitación pluvial) se utilizó el Análisis Canónico. Este, se procesó utilizando el paquete de programación estadística: Biomedical Programs (BMDP), versión 1980.

3.3.3. Análisis de Conglomerados: Con el fin de establecer zonas ecológicas en la Cd. de México se formaron grupos de estaciones de muestreo en base a cinco variables medidas en cada estación. Estas fueron: IPA, número de especies, SO_2 , temperatura, precipitación pluvial. Para éste análisis se utilizó el método de clasificación de Conexión Simple (Shortest Line) y como medida de si-

milaridad el Coeficiente General de Gower. Este análisis se procesó mediante el programa de computadora elaborado por Espinoza, (1978).

3.3.4. Análisis Discriminante: Se utilizó con la finalidad de --comprobar si la agrupación de las estaciones es la correcta. Este análisis se procesó utilizando el paquete de programación estadística; Statistical Package for Social Sciences (SPSS) versión 1980.

3.3.5. Análisis de Componentes Principales: Este análisis se aplicó por zona ecológica y se dividió en dos partes, a saber: la --primera parte se utilizó para identificar las variables que más--influyeron en cada zona ecológica, y para interpretar las dife--rencias observadas de las distintas estaciones de muestreo de ca--da zona. La segunda parte del análisis nos permitió investigar --los patrones de conducta de las estaciones muestreadas en rela--ción a los componentes formados. El Análisis de Componentes Prin--cipales se procesó utilizando el paquete de programación estadísti--ca SPSS.

En la practica es frecuente que los coeficientes de los---Componentes principales muestrales presenten valores similares, lo--que impide una interpretación en terminos de las variables origina--les. En estos casos una posibilidad es la de polarizar los coeficien--tes a cero y uno, mediante una rotación ortogonal de los componentes principales muestrales, v.gr. la rotación Varimax de Kaiser. La faci--lidad de interpretación de los coeficientes de los componentes rota--dos, presenta como costo, el desconocimiento de la varianza de cada uno de los citados componentes principales muestrales rotados, aunque la suma de las respectivas varianzas es igual a la variabilidad total --original.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Inventario Briológico: De los 100 muestreos realizados en la Ciudad de México se encontraron 9 especies de musgos, 7 de las -- cuales estuvieron ampliamente distribuidas y las otras 2 especies no fueron identificadas por encontrarse en pequeña cantidad. La -- Tabla 4.1 muestra las especies identificadas con el número de es-- taciones en las que aparecieron. La lista de especies reportadas-- es muy pequeña pero dado que no existen trabajos previos sobre el número de especies de musgos en la Cd. de México, es difícil eva-- luar los cambios que han ocurrido a través del tiempo.

Hipotéticamente, es posible sugerir que con la continua expansión de la urbe, la eliminación de las áreas verdes y con la creciente actividad humana, los musgos han disminuido en frecuen-- cia, cobertura y número de especies. Debe hacerse notar, sin em-- bargo, que para las especies epifitas éstos parámetros pueden ha-- ber fluctuado como consecuencia de eliminación de árboles, refo-- restación con otras especies o con otros cambios que realizan pe-- riódicamente en arterias y zonas arboladas. Dentro de esa relati-- va fluctuación, el número de especies de musgos epifitos parece -- haber disminuido; algunos ejemplares de herbario y reportes en -- publicaciones previas (Cardot 1909; Reiche 1914) indican que en -- el Distrito Federal existían especies como: Thuidium robustum, -- Tortula fragilis, Tortula caroliniana, Brachytesium plumosum, --- Brachytesium integrifolium, Leptodontium viticulosoides (var, pa-- namense), Zygodon oligodontus (Zygodon liebmanni), Ortotrichum -- lozanoi y Ortotrichum pichnophyllum, los que no se encontraron en-- los muestreos.

Las causas de su posible desaparición pueden ser varia-- das, pero el incremento en los niveles de contaminación puede ser

un factor.

En virtud de que el análisis retrospectivo es difícil de evaluar por falta de información, en los párrafos que siguen discutiremos el papel de las variables ambientales SO_2 , temperatura y precipitación pluvial y aquellos derivados de nuestra propia investigación.

Tabla 4.1. Distribución de frecuencias de las especies encontradas en los 100 muestreos en la Cd. de México.

| Especies | Frecuencia de aparición (Núm. de estaciones.) |
|---------------------------------|---|
| <u>Tortula pasorum</u> | 77 |
| <u>Brvum argenteum</u> | 74 |
| <u>Fabronia Wrightii</u> | 66 |
| <u>Amblystegium serpens</u> | 41 |
| <u>Limbergia mexicana</u> | 20 |
| <u>Leptodontium flexifolium</u> | 10 |
| <u>Orthotrichum diaphanum</u> | 2 |
| Especies no identificadas | 2 |

4.2. La Tabla 4.2 muestra los resultados del Análisis de Varianza Multivariado (MANDEVA). La máxima raíz característica obtenida fue $\chi_1=0.0683$ que al sustituirse en el estadístico de prueba $Q_s = \chi_1 / (1 + \chi_1)$ resultó ser: 0.0639. Al compararse el estadístico con el valor crítico de las Tablas de Heck con parámetros $s=2$, $m = -1/2$, $n=47$ y a un nivel alfa de 0.05 obtenemos:

$\chi^2_{-1/2, 47, 0.05} = 0.085$ el cual es mayor que el estadístico de

Tabla 4.2 Tabla de MANDEVA para las 100 estaciones de muestreo en la Cd. de México.

| Fuente de Variación | Grados de Libertad | Matrices de sumás de cuadrados y productos cruzados | |
|---------------------|--------------------|--|--|
| Tratamientos | 2 | $H = \begin{bmatrix} 24.70 \\ 22.24 \end{bmatrix}$ | $\begin{bmatrix} 22.24 \\ 20.37 \end{bmatrix}$ |
| Error | 97 | $E = \begin{bmatrix} 185.26 \\ 442.24 \end{bmatrix}$ | $\begin{bmatrix} 442.44 \\ 221.62 \end{bmatrix}$ |
| Total | 99 | $H+E = \begin{bmatrix} 209.96 \\ 464.69 \end{bmatrix}$ | $\begin{bmatrix} 464.69 \\ 242.00 \end{bmatrix}$ |

prueba calculado ($p > 0.05$). De lo anterior se concluye que no existe efecto de las zonas de SO_2 sobre el IPA y el número de especies.

La razón por la que mediante el MANDEVA no se mostró que existe efecto de las zonas de SO_2 sobre el IPA y número de especies en parte se debe a que en cada zona de SO_2 quedaron confinadas estaciones con temperatura y precipitación pluvial diferentes, lo cual explica que los elementos de la matriz de Varianzas y Covarianzas del error sea grande.

4.3. Del Análisis de Correlación Canónica se obtuvieron los siguientes resultados. La matriz de correlaciones entre las dos variables biológicas (IPA y número de especies) y las variables ambientales (SO_2 , temperatura, y precipitación pluvial) y sus respectivas intercorrelaciones se muestra en la Tabla 4.3.1. Se puede observar que las variables biológicas están correlacionadas con las variables ambientales, ya que los coeficientes (en valor absoluto) están en el rango de 0.340 a 0.4190, con excepción de la correlación entre temperatura e IPA (-0.210) y temperatura, número de especies (-0.252). Por otra parte, se obtuvieron dos variables canónicas, sólo una de las cuales resultó ser significativa (ver Tabla 4.3.2). La primera variable canónica -- fué significativa ($p < 0.05$), y contribuye con el 32.84 por ciento de la variación total, pudiéndose observar que cuando los niveles de SO_2 decrecen (-0.841) y además se incrementa la precipitación pluvial (0.876) se incrementan los valores en el IPA (0.999) y el número de especies (0.871). Aún cuando la segunda variable canónica contribuye sólo con el 17.15 por ciento de la variación total, tiene una interpretación interesante en el sentido de que cuando decrecen los valores de temperatura (-0.847) y aumentan los de la precipitación pluvial (0.396) se observa un

Tabla 4.3.1 Análisis de Correlación Canónica para las 100 estaciones de muestreo en la Cd. de México.

| | | | |
|---|-----------------|-------|-------|
| Matriz de Correlaciones | | | |
| IPA | 1.000 | | |
| Especies | .849 | 1.000 | |
| S02 | -.407 | -.340 | 1.000 |
| Temperatura | -.210 | -.282 | -.340 |
| Prec.Pluv. | .419 | .411 | -.282 |
| | | | .423 |
| | | | 1.000 |
| Intercorrelaciones de las variables ambientales | | | |
| S02 | .30271(R^2) | | |
| Temperatura | .43613(R^2) | | |
| Prec.Pluv. | .51589(R^2) | | |
| Intercorrelaciones de las variables biológicas | | | |
| IPA | .72074(R^2) | | |
| Especies | .72074(R^2) | | |

Tabla 4.3.2 Analisis de Correlación Canonica para las 100 estaciones de muestreo en la Cd. de México

| Valor caracteristico | Correlación Canonica | Num.de valores caracteristicos | g.1 | X ² | Significancia |
|--|---|--------------------------------|-----|-----------------------|---------------|
| 0.23328 | 0.48299 | 0 | 6 | 29.31 | 0.00005 |
| 0.04830 | 0.21978 | 1 | 2 | 4.60 | 0.10004 |
| por ciento de varianza de la primera variable canonica=82.84 | | | | | |
| por ciento de varianza de la segunda variable canonica=17.15 | | | | | |
| Variables Canonicas | | | | | |
| Primera Variable Canonica Variables Biologicas | Segunda Variable Canonica Variables Biologicas | | | | |
| IPA | 0.999 | | | -0.043 | |
| Especies | .871 | | | 00.491 | |
| Variables Ambientales | | | | Variables Ambientales | |
| SO2 | -0.841 | | | 0.123 | |
| temperatura | -0.453 | | | -0.847 | |
| Prec.Pluv. | 0.876 | | | 0.396 | |

incremento en el número de especies (0.491). Este análisis reafirma lo que se concluyó en el MANDEVA, ya que al considerar en el análisis la temperatura y la precipitación pluvial, se encuentra que existe una correlación (negativa) entre los niveles de SO_2 , IPA y número de especies. Cabe también señalar el hecho de que la precipitación pluvial también esté altamente correlacionada (positivamente) con el IPA y el número de especies. Esto resulta evidente ya que todo tipo de planta, y en especial los musgos, requieren de una "película" de agua para llevar a cabo su reproducción sexual.

4.4. Los resultados del Análisis de Conglomerados (Fig 2 y Tabla 4.4) muestran la formación de las zonas ecológicas, a partir de las cuales se decidió formar arbitrariamente sólo 9 zonas ecológicas. Sin embargo, cabe señalar que los límites establecidos entre las zonas ecológicas no son absolutos, es decir, no existe una discontinuidad ecológica, sino más bien una continuidad. Por tal motivo, los límites entre nuestras zonas ecológicas también son arbitrarios. En la Tabla 4.4 se dan los valores promedio de cada variable por zona ecológica, ordenados en forma decreciente según el valor del IPA. De acuerdo a éstos datos se puede observar que en la zona II se presenta el valor más bajo de SO_2 (0.013 ppm) y un valor promedio de precipitación pluvial de (872 mm) correspondiéndole el valor más alto de IPA (3.45) y de número de especies (5). En contraste, la zona IX tiene el nivel más alto de SO_2 (0.037 ppm), una precipitación pluvial de (560 mm) que se considera baja, correspondiéndole así el valor más bajo de IPA (1.01) y un bajo número de especies (2). El resto de las zonas podríamos decir que mantiene una posición intermedia. Debe señalarse que la distribución de las nueve zonas ecológicas (ver Mapa 3)

Fig.2 Dendrograma para las 100 estaciones de muestreo en la Cd.de México.

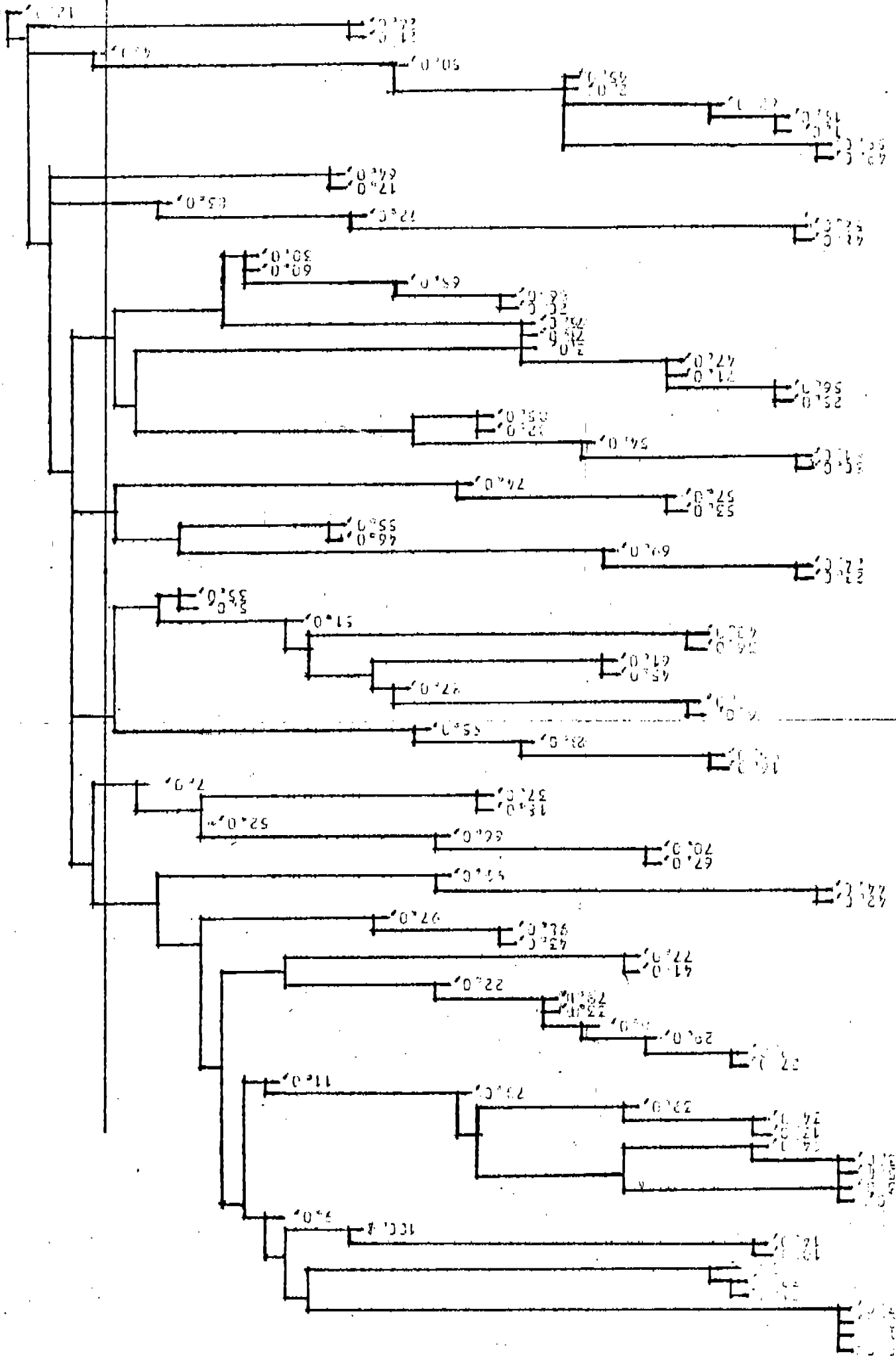
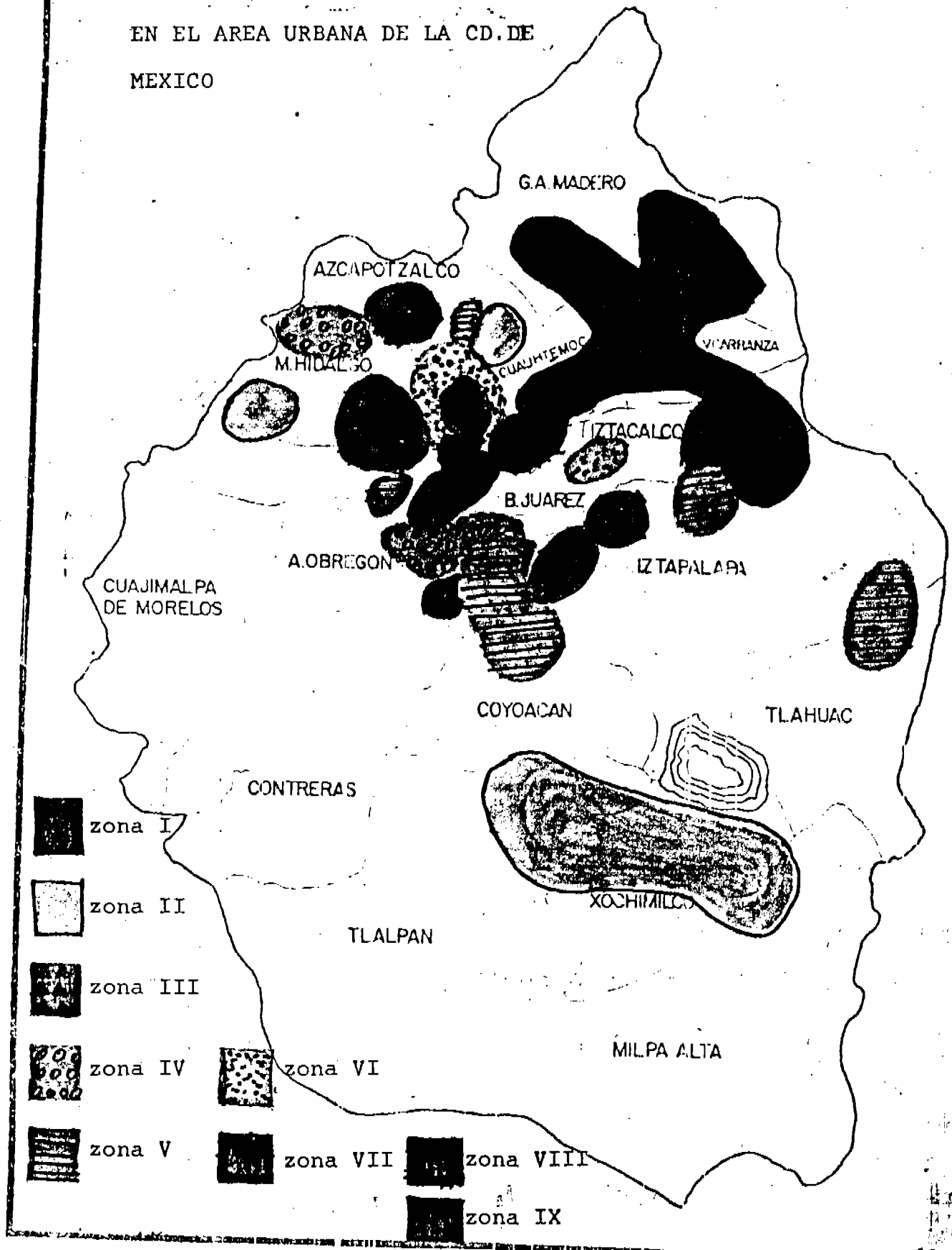


Tabla 4.4 Valores promedio de las cinco variables medidas por cada zona ecológica

| Zonas ecológicas | Num. Estaciones | IPA | Num. de Especies | SO2ppm | Temperatura | Prec. Pluv .mm |
|------------------|-----------------|------|------------------|--------|-------------|----------------|
| II | 9 | 3.45 | 5 | .013 | 15.50 | 872 |
| VII | 14 | 2.58 | 3 | .027 | 16.14 | 633 |
| I | 2 | 2.51 | 4 | .023 | 13.40 | 1045 |
| V | 17 | 2.38 | 4 | .031 | 15.52 | 717 |
| VI | 8 | 2.37 | 3 | .032 | 16.20 | 587 |
| VIII | 7 | 2.36 | 3 | .028 | 16.28 | 600 |
| III | 2 | 2.26 | 3 | .028 | 16.00 | 760 |
| IV | 4 | 2.23 | 4 | .025 | 15.85 | 790 |
| IX | 37 | 1.01 | 2 | .037 | 16.70 | 560 |

MAPA 3. DISTRIBUCION DE LAS ZONAS ECOLOGICAS
 EN EL AREA URBANA DE LA CD. DE
 MEXICO



es semejante a la distribución de zonas que se ha reportado en otros trabajos (Leblanc, 1969; Leblanc et al 1972 b; Leblanc y Skye, 1968; Kao y Leblanc, 1967; Gilbert, 1968, 1970 b). De lo anterior se desprende el hecho de que la zona II presente las condiciones más favorables para el desarrollo de epifitas, es decir, que se le puede considerar como una ZONA DE RIQUEZA ECOLÓGICA. Esta, abarca parte de las Delegaciones de Tlalpan, Coyoacán y Xochimilco. La zona IX, por otra parte, presenta las condiciones más desfavorables para el desarrollo de plantas epifitas por lo que se puede considerar una ZONA ECOLOGICAMENTE DESÉRTICA. Esta, abarca parte de las Delegaciones de Gustavo A. Madero, Venustiano Carranza, y Cuauhtémoc. Las siete zonas restantes (I, III, IV, V, VI, VII, VIII) están intermezcladas y podemos agruparlas de manera que formen una sola zona que podemos llamar de TRANSICIÓN ECOLÓGICA, la cual ofrece condiciones más o menos favorables para el desarrollo de las epifitas. El nivel promedio de SO_2 para esta zona de transición es de 0.027 ppm con una precipitación pluvial de 733 mm. Esta zona comprende parte de las Delegaciones de: Atzacotalco, Miguel Hidalgo, Cuauhtémoc, Benito Juárez, Iztacalco, Iztapalapa, Alvaro Obregón y Coyoacán. Nótese que gran parte de la Cd. de México está comprendida en las zonas desértica y de transición.

4.5. La Tabla 4.5.1. muestra que del análisis discriminante sólo dos funciones discriminantes fueron significativas ($p < 0.05$). La primera de ellas formada por variables ambientales (SO_2 y precipitación pluvial) y la segunda función tanto por variables ambientales como biológicas (IPA, SO_2 , temperatura). También se puede observar que los valores de las funciones discriminantes evaluadas en las medias del grupo II (zona ecológica II) son de:

Tabla.4.5.1 Análisis Discriminante para la 100 estaciones de muestreo en la Cd. de México.

| Función | Valor | Porcentaje | Porcentaje | Función | χ^2 | g.l |
|---------------|----------------|-------------|------------|---------|-----------|-----------|
| Discriminante | característico | de varianza | acumulado | Wilks | Lambda | |
| 1 | 144.16183 | 99.46 | 99.46 | 0 | 0.0034790 | 509.49 40 |
| 2 | 0.43772 | 0.30 | 99.76 | 1 | 0.5050152 | 61.485 28 |
| 3 | 0.22311 | 0.15 | 99.92 | 2 | 0.7260701 | 28.810 18 |
| 4 | 0.09005 | 0.06 | 99.98 | 3 | 0.8880638 | 10.684 10 |
| 5 | 0.03302 | 0.02 | 100.00 | 4 | 0.9680331 | 2.9240 4 |

Significancia:

- 0.0000 *
- 0.0003 *
- 0.0508
- 0.3827
- 0.5706

Coefficientes estandarizados de las Funciones Discriminantes.

| | Func.1 | Func.2 | Func.3 | Func.4 | Func.5 |
|-----------------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| V1 (IPA) | -0.10113 | 0.54506* | 0.62412 | -0.21142 | 1.38631 |
| V2 (Núm.Especies) | 0.10193* | -0.13236 | 0.13518 | 0.83431 | -1.38175 |
| V3 (SO ₂) | -0.13713* | -0.68736* | 0.01607 | 0.60073 | 0.44196 |
| V4 (Temperatura) | -0.11482* | 0.61084 | -0.68454 | 0.44752 | -0.05716 |
| V5 (Prec.Pluv.) | 1.00409 | -0.00632 | -0.09635 | 0.04908 | 0.01662 |

Tabla 4.5.1 (continuación)

| Funciones Discriminantes evaluadas en las medias de grupo (grupo centroide) | | |
|---|-----------|----------|
| Grupo (zona ecológica) | Func.1 | Func.2 |
| I | 39.09400 | -2.53129 |
| II | 21.44825 | 1.07760 |
| III | 10.03179 | 0.09601 |
| IV | 13.09755 | 0.04688 |
| V | 5,78298 | -0.64108 |
| VI | 1.18215 | 0.52937 |
| VII | -2.68458 | 0.49571 |
| VIII | -6.03193 | 0.46252 |
| IX | -10.29039 | -0.22223 |

21.44025 en la primera función discriminante y de 1.07760 en la segunda función discriminante. Los resultados indican que esta zona ecológica es discriminada positivamente por la primera función, es decir, presenta valores altos de precipitación pluvial y valores bajos de SO_2 . La segunda función también discrimina positivamente a esta zona ecológica, lo cual significa que presenta los valores más altos de IPA. En contraste, el grupo IX, (zona ecológica IX) es discriminada negativamente por las dos funciones (-10.29039 en la primera función y -0.22223 en la segunda función) y por lo tanto presenta los valores más altos de SO_2 , valores bajos de precipitación pluvial, y los valores más bajos de IPA. De los resultados de clasificación se muestra que el 98.98 por ciento de las estaciones de muestreo fueron asignadas correctamente a las zonas ecológicas formadas (ver Tabla 4.5.2), presentándose sólo dos casos no agrupados uno de los cuales fue asignado a la zona IX, y el otro a la zona VI.

4.6 Del Análisis de Componentes Principales se obtuvieron los siguientes resultados:

ZONA ECOLOGICA II.- Para interpretar los componentes en términos del problema original fué necesario determinar qué variables aparecen representadas en cada componente, (ver Tabla 4.6). Se puede notar que al rotar los dos componentes, que las variables están más correlacionadas con el primer componente son las variables que determinan la condición biótica: IPA y número de especies. Por lo que éste componente puede ser identificado con la condición biótica, es decir, representa la variación que existe entre las distintas estaciones con relación a su composición florística. Por otro lado, las correlaciones más altas de las variables originales con el segundo componente corresponden a SO_2 y Temperatura y se pueden identificar a éste con la condición abiótica. Los dos componentes en esta zona contribuyen con

Tabla 4.5.2 Análisis Discriminante para las 100 estaciones de muestreo en la Cd. de México

| Grupo Actual | Num. de casos | | | | | | | | | Grupo predicho | | | | | | | | |
|--------------------|---------------|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----------------|-----|-----|----|----|------|-------|------|----|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX |
| I | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| II | | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| III | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| IV | | | | 4 | | | | | | | | | | | | | | |
| V | | | | | 17 | | | | | | | | | | | | | |
| VI | | | | | | 7 | | | | | | | | | | | | |
| VII | | | | | | | 14 | | | | | | | | | | | |
| VIII | | | | | | | | 7 | | | | | | | | | | |
| IX | | | | | | | | | 36 | | | | | | | | | |
| Casos no agrupados | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | 50% | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 50% | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 35 | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 2.8% | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 97.2% | | |

Tabla 4.6. Coeficientes de los primeros componentes principales muestrales de cada zona ecológica.

| Zona ecológica → | | II | | IV | | V | | VI | |
|---------------------------------------|-----------------|------------|-------------|-------------|------------|--------------|------------|-------------|------------|
| Variable | Componente # | 1. Biótica | 2. Abiótica | 1. Abiótica | 2. Biótica | 1. Climática | 2. Biótica | 1. Abiótica | 2. Biótica |
| Componentes sin rotación | | | | | | | | | |
| 1/1 | IPA | .8771 | -.2476 | .8963 | .4398 | .0655 | .9676 | .9022 | .2353 |
| 1/2 | Num. Especies | .7198 | -.4681 | .4002 | .9102 | .2921 | .9187 | .5424 | .7622 |
| 1/3 | SO ₂ | .8745 | .3947 | .8397 | -.5052 | .8125 | .0422 | -.5366 | .7328 |
| 1/4 | Temperatura | .2872 | .8595 | .9820 | -.1702 | -.9399 | .1236 | .9515 | -.1999 |
| 1/5 | Prec. Pluv. | -.8499 | .0446 | .9820 | -.1702 | .9380 | -.1932 | .9381 | -.0450 |
| Porcentaje de Varianza por componente | | 57,1 | 23,5 | 72 | 26,7 | 50,3 | 36,7 | 50,3 | 24,3 |
| Porcentaje de varianza total | | 80,7 | | 98,7 | | 87,0 | | 87 | |
| *** Componentes con rotación Varimax | | | | | | | | | |
| 1/1 | IPA | .9053 | .1034 | .6239 | .7795 | | | .5277 | .7687 |
| 1/2 | Num. Especies | .8436 | -.1601 | .0251 | .9939 | | | -.0892 | .9313 |
| 1/3 | SO ₂ | .6594 | .6969 | .9749 | -.0998 | | | -.8855 | .2024 |
| 1/4 | Temperatura | -.0601 | .9042 | .9610 | .2639 | | | .8500 | .4719 |
| 1/5 | Prec. Pluv. | -.8034 | -.2810 | .9610 | .2639 | | | .7385 | .5803 |

Tabla 4.6. (Continuación)

| Zona ecológica → | VII | | VIII | | IX | |
|---------------------------------------|------------|-------------|--------------|------------|------------|-------------|
| variable Componente → | 1. Biótica | 2. Abiótica | 1. Climática | 2. Biótica | 1. Biótica | 2. Abiótica |
| ↓ Componentes sin rotación | | | | | | |
| V1 IPA | .9125 | .2731 | .4265 | .8760 | -.8054 | .4892 |
| V2 Num.Especies | .8790 | .1088 | .4124 | .8822 | -.7532 | .5463 |
| V3 SO ₂ | .4168 | -.7493 | .5311 | -.8406 | .6219 | .3599 |
| V4 Temperatura | -.3851 | .8446 | .9792 | -.1105 | .7021 | .5352 |
| V5 Prec.Pluv. | .5083 | .5758 | .9734 | -.1877 | .4274 | .4816 |
| Porcentaje de Varianza por componente | 63.6 | 24.3 | 43.7 | 33.9 | 45.6 | 23.7 |
| Porcentaje de varianza total | | | | 77.6 | | 69.3 |
| ** Componentes con rotación Varimax | | 88 | | | | |
| V1 IPA | | | .1172 | .9672 | .9258 | -.1756 |
| V2 Num.Especies | | | .1019 | .9685 | .9252 | -.0983 |
| V3 SO ₂ | | | .7764 | -.6212 | -.2211 | .6837 |
| V4 Temperatura | | | .9617 | .2151 | -.1633 | .8676 |
| V5 Prec.Pluv. | | | .9813 | .1402 | .0048 | .6439 |

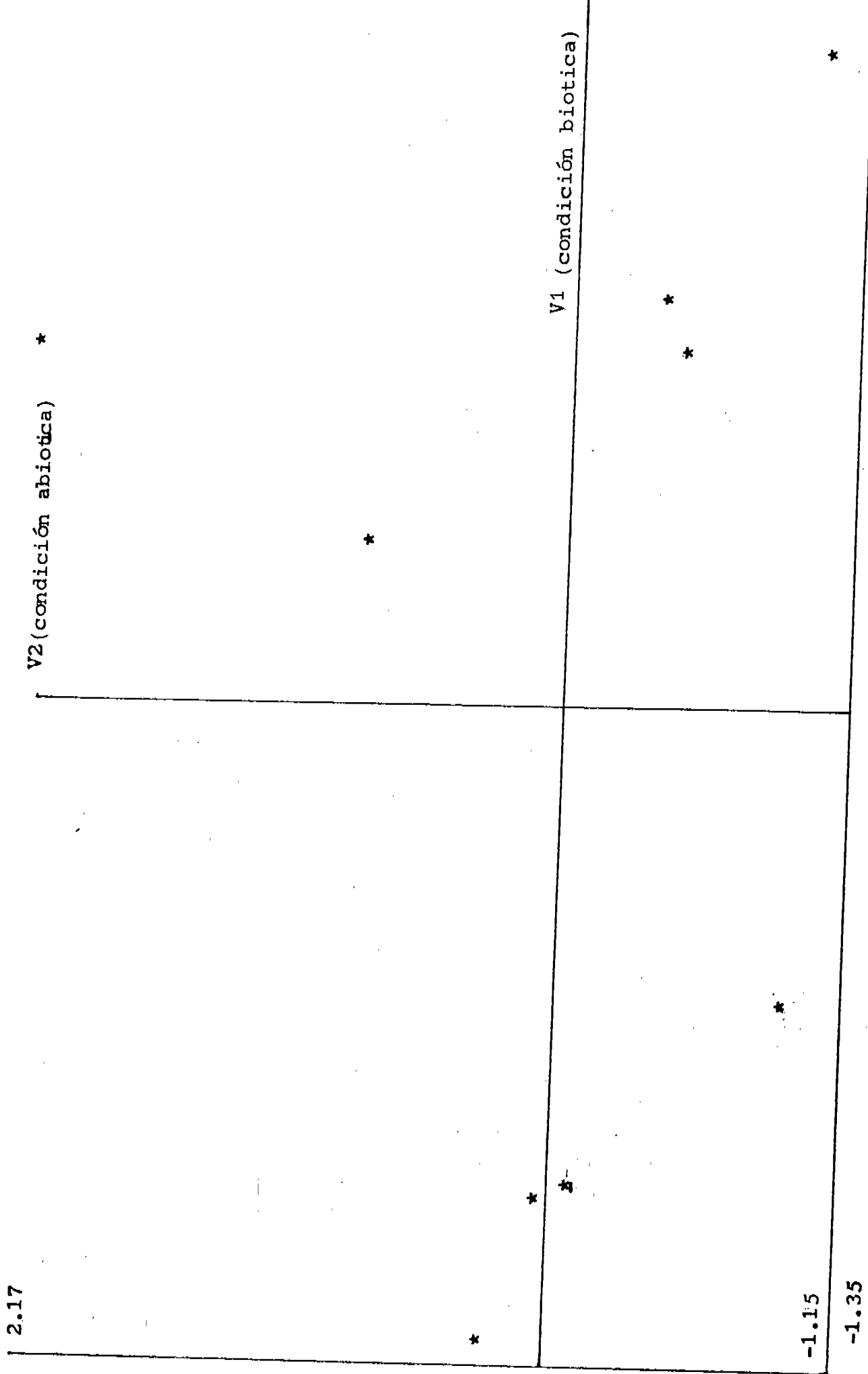
BIBLIOTECA
 JUAN A. ESCALANTE H.
 UNIDAD ACADEMICA DE
 LOS CICLOS PROFESIONAL
 Y DE POSGRADO / CCH
 U N A M

el 80.7 por ciento de la varianza total.

ZONA ECOLOGICA IX.- En ésta zona el primer componente también se identificó con la condición biótica. El segundo componente fué -- identificado con la condición abiótica. Los dos componentes contri- buyen con el 69.3 por ciento de la variación total. Los componen- tes para el resto de las zonas se muestran en la Tabla 4.6.

Las gráficas 4.6.1 a 4.6.7 muestran el comportamiento- de las estaciones en relación a los componentes por zona ecoló- gica. En la Zona II (gráfica 4.6.1) se puede observar que el con- portamiento de las estaciones de ésta zona es determinado princi- palmente por el componente biótico, es decir, que la Zona II es- la que tiene valores más altos tanto de IPA como del número de - especies. En la zona IX (gráfica 4.6.7) también se presenta la - misma tendencia, pero a diferencia de la Zona II, ésta presenta- los valores más bajos del IPA y del número de especies. El resto de las zonas presentan tendencias parecidas entre sí. Los resul- tados obtenidos en éste análisis confirman los que se obtuvieron con el Análisis de Conglomerados y el Análisis Discriminante.

Grafica 4.6.1. Componentes de la zona ecologica II



Grafica 4.6.2. Componentes de la zona ecologica IV
0.97

V2 (condición biotica)

*

*

V1 (condición abiotica)

*

-1.14

*

-1.40

0.95

Grafica 4.6.3. Componentes de la zona ecologica V

V2 (condición biótica)

1.38

*

*

*

*

*

*

* *

*

V1 (condición climatica)

*

*

*

*

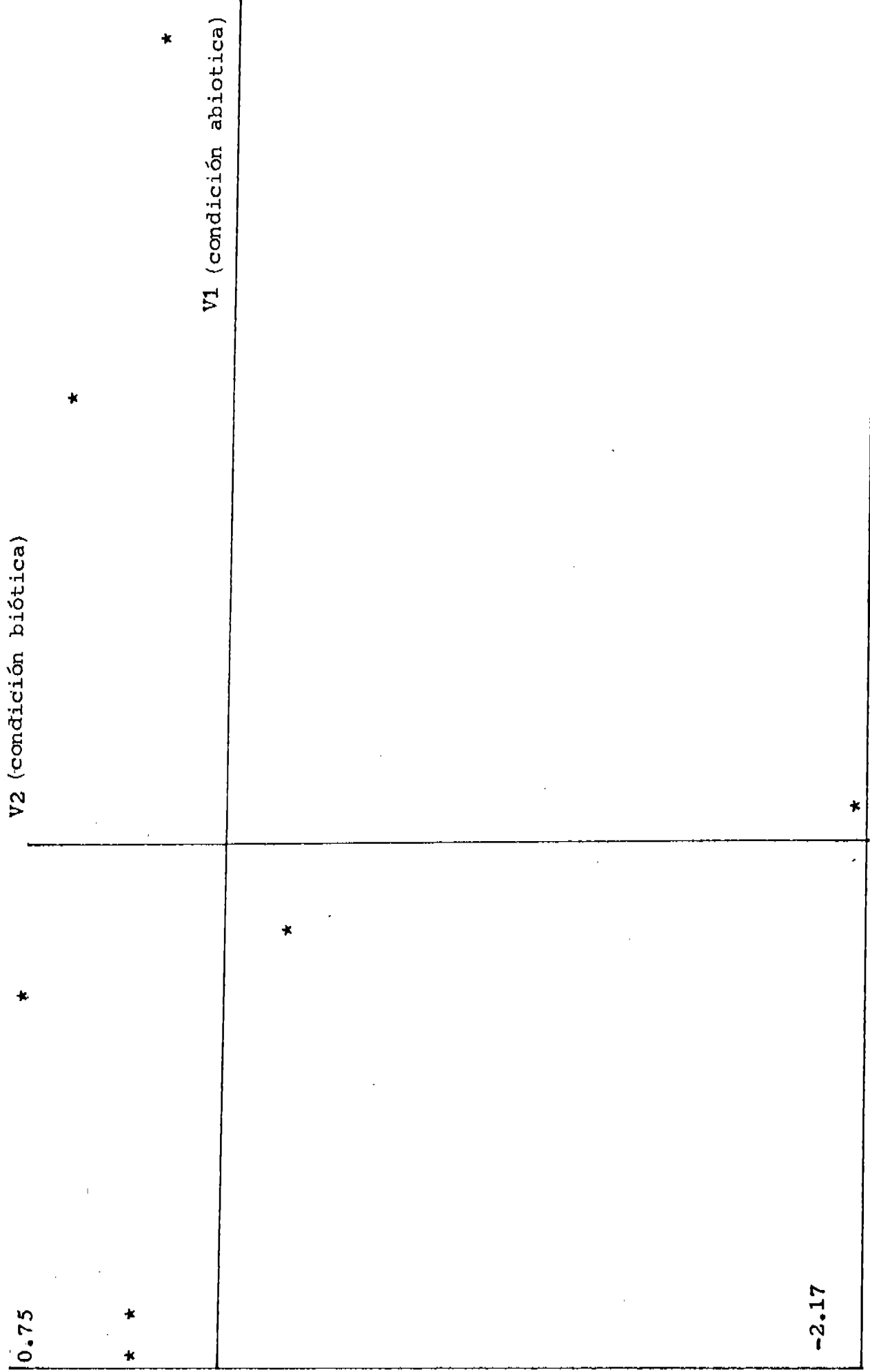
*

*

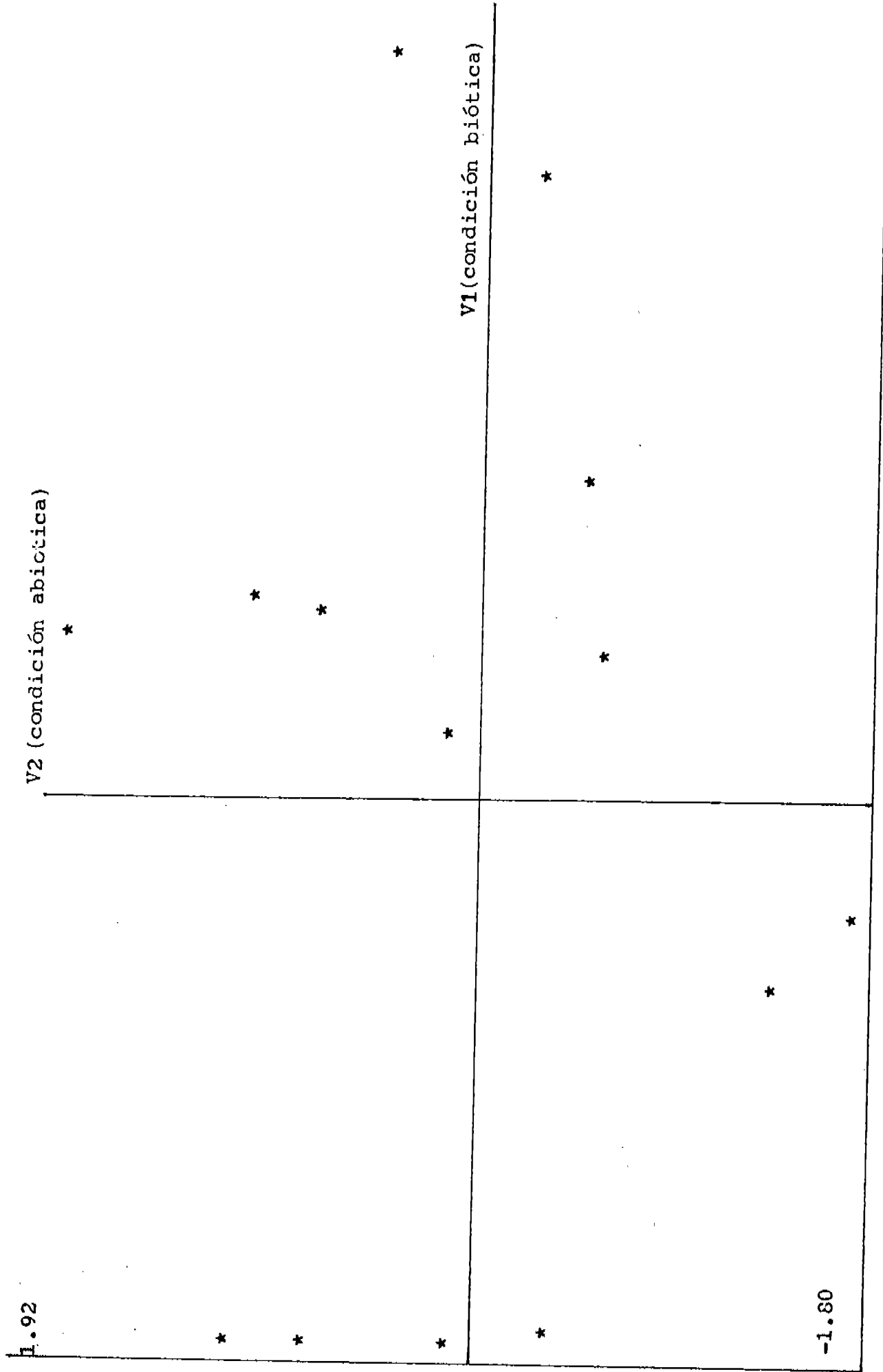
*

*-1.31

Grafica 4.6.4. Componentes de la zona ecologica VI



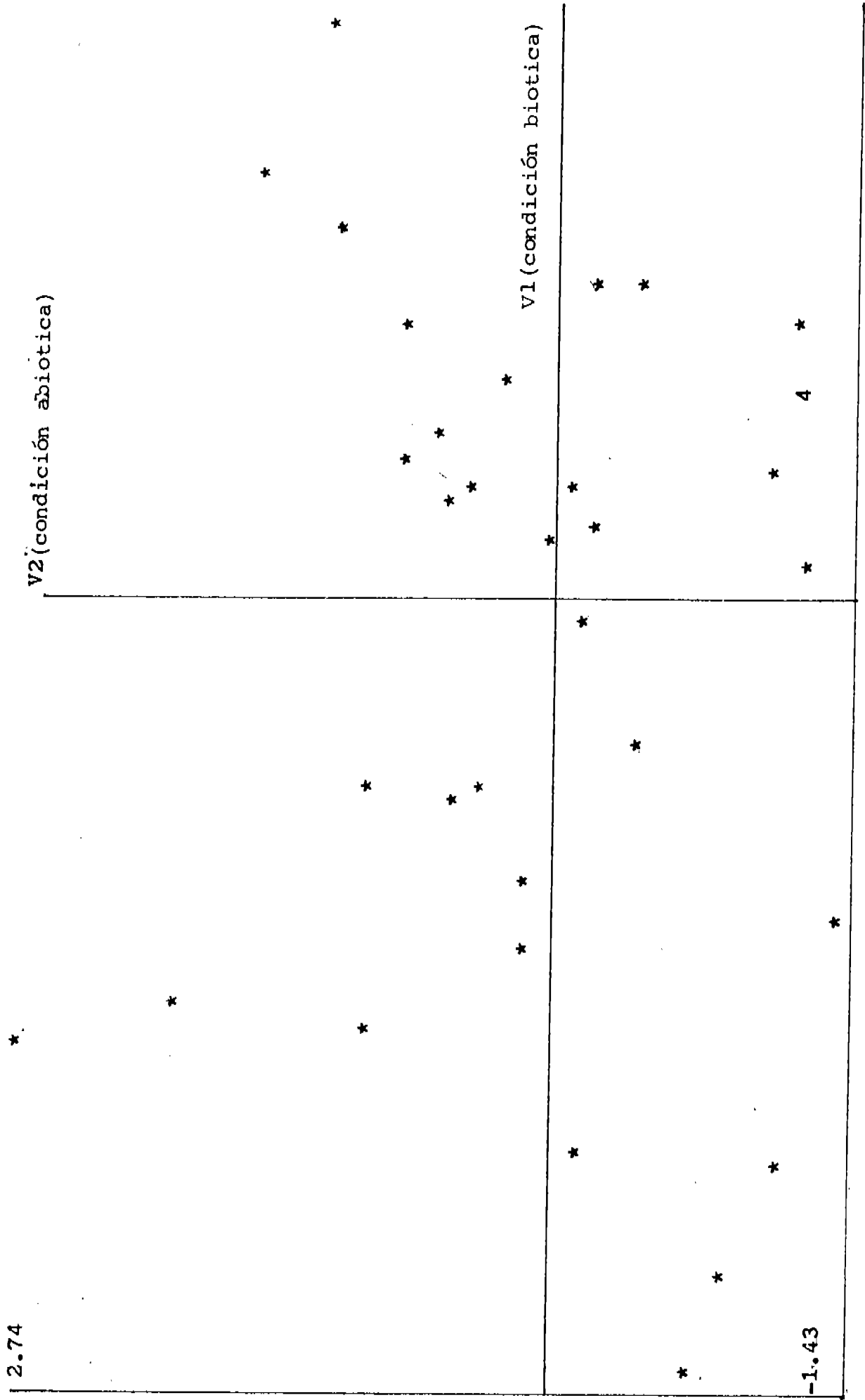
Grafica 4.6.5. Componentes de la zona ecologica VII



Grafica 4.6.6. Componentes de la zona ecologica VIII

| V2 (condición biotica) | V1 (condición climatica) |
|------------------------|--------------------------|
| * | |
| -1.18 | |
| * * | |
| | * |
| | * |
| * | |
| -1.09 | |
| | * |

Grafica 4.6.7. Componentes de la zona ecologica IX



5. RECOMENDACIONES

En virtud de que en el presente trabajo se utilizó en la construcción del Índice de Pureza Atmosférica (IPA), una escala cualitativa para medir la frecuencia-cobertura, y como unidad observacional a los árboles de los géneros Casuarina sp y - Fraxinus sp , y que por lo consiguiente el método de Mapeo por medio del IPA fuese un método práctico en la obtención de la información, se considera por tanto necesario señalar las siguientes recomendaciones referentes al método empleado. En primer término se propone que para obtener estimaciones más confiables del IPA en cada estación, se debe substituir la escala cualitativa para medir la frecuencia-cobertura por otro tipo de escala tal como, la de medir la cobertura por cm^2 de superficie de árbol cubierta por los musgos. Por otro lado, con el fin de reducir la variabilidad introducida al utilizar dos géneros de árbol, en los muestreos, se propone utilizar sólo los árboles del género Casuarina sp ya que estos son los que más ampliamente se distribuyeron en la Cd. de México. En base a éstas modificaciones se puede entonces correlacionar los índices (IPA) obtenidos con la escala cualitativa y la cuantitativa. En caso de que éstas resulten estar positivamente correlacionadas se propone, -- para fines prácticos, seguir utilizando el método del IPA basado sobre la escala cualitativa.

Respecto a los niveles de SO_2 utilizados en el MANDEVA, éstos fueron establecidos arbitrariamente. En virtud del agrupamiento de estaciones, y el subsecuente establecimiento de zonas ecológicas, se considera pertinente establecer nuevos niveles de SO_2 , en base a los que cada zona ecológica presenta como característicos, y en base a ésta redefinición de niveles de SO_2 efectuar nuevamente el MANDEVA. En caso de que los resulta-

dos con el MANDEVA indiquen diferencias significativas, se confirmaría el efecto tóxico de la contaminación de SO_2 sobre la vegetación epífita, hecho señalado por el Análisis de Correlación-Canónica.

6. CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos se puede afirmar que niveles superiores a 0.037 ppm de SO_2 tienen un efecto tóxico sobre la abundancia, distribución, y diversidad de especies en la Cd. de México. Sin embargo, se debe hacer resaltar que la especie más afectada es Urtotrichum diphanum, ya que es la especie que menos se distribuye, y la que con menos frecuencia ocurre en la Ciudad. Por otro lado, la especie menos afectada y al parecer la más resistente es Tortula pagorum.

- Las zonas ecológicas propuestas no son estáticas sino por el contrario se ven afectadas por la continua expansión de la Ciudad, por lo que se deberá evaluar periódicamente los cambios ecológicos en cada zona propuesta.

- Los resultados de éste estudio podrían ser considerados como criterios de calidad del aire, los que a su vez serían útiles para formular las normas de calidad del aire necesarias para reglamentar el control de emisiones de contaminantes en la Cd. de México.

7. BIBLIOGRAFIA

- Baez, A. P. 1968. Actualización de datos y tendencias de la contaminación del aire en la Cd. de México. Instituto Mexicano de Ingenieros Quimicos A.C primer Simposium sobre la contaminación del aire en la Cd. de México.
- Bravo, H. 1968. Estado actual de la contaminación atmosférica en México y perspectiva. Instituto Mexicano de Ingenieros Quimicos A.C Primer Simposium sobre la contaminación del aire en la Cd. de México.
- Cardot, J. 1909. Diagnoses preliminaires de mousses mexicaines. Revue Bryol. 36:105-115; 36:67-77; 36:81-88.
- Chatfield, C., y Collins, J. Alexander. 1980. Introduction to Multivariate Analysis. Chapman and Hall.
- Eversman, S. 1978. Effects of low levels sulphur dioxide on Usnea h and Parmelia .ch. Bryologist. 81(3):368.
- Espinoza, G., 1978. Un programa para el analisis de cumulos ILMAS-UNAM, Comunicaciones Tecnicas. Serie amarilla, Vol 6:
- García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de clasificación climatico de Koppen (para adaptarlo a las condiciones de la Republica Mexicana) UNAM. México 246p.p
- Gilbert, O. L. 1968. Bryophytes as indicators of air pollution in the Tyne Valley. New Phytol. 67:15-30.
- _____. 1970, a. Further studies on the effect of sulphur dioxide on lichens and bryophytes. New Phytol. 69:605-627.
- _____. 1970, b. A biological scale for the estimation of sulphur dioxide pollution. New Phytol. 69:629-634.
- Haksworth, D. L., and F. Rose. 1970. Quantitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. Nature. 227:145-148.
- Inglis, F. and J. Hill. 1974. The effect of sulphite and fluoride on carbon dioxide up take by mosses in the light. New Phytol.

- Johnsen, I. and U. Sochting. 1976. Distribution of cryptogamic epiphytes in Dawson City in relation to air pollution and bark properties. *Bryologist*. 79(1):86-90.
- Leblanc, F. and D. N. Rao. 1968. Reaction de lichens et mousses epiphytes de anhydride sulfureux dans la region de Sudbury, Ontario. *Bryologist*. 69(3):338-346.
- Leblanc, F. and E. Skye. 1968. Lichens and air pollution. A study of cryptogamic epiphytes and environment in the Stochom region. *Bryologist*. 71(4):381-
- Leblanc, F. and J. Desloover. 1970. Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. *Canad. Jour. Bot.* 48:1485-1496.
- Leblanc, F. and D. N. Rao. 1970. Effects of sulphur dioxide on lichens and mosses transplants. *Ecology*. 54(3):612-617
- Leblanc, F., C. Gilbert and D. N. Rao. 1971. Fluoride injury symptoms in epiphytic lichens and mosses. *Canad. Jour. Bot.* 49(9):1691-1698.
- Leblanc, F., D. N. Rao and C. Gilbert. 1972 a. The epiphytic vegetation of Populus balsamifera and its significance as an air pollution indicator in Sudbury, Ontario. *Canad. Jour. Bot.* 50(3):519-528.
- Leblanc, F., D. N. Rao and C. Gilbert. 1972 b. Indices of atmospheric purity and fluoride pollution pattern in Arvida, Quebec. *Canad. Jour. Bot.* 50:991-998.
- Leblanc, F. and D. N. Rao. 1973 a. Effects of sulphur dioxide on lichens and mosses transplants. *Ecology*. 54(3):612-617.
- Leblanc, F. and D. N. Rao. 1973 b. Evaluation of the pollution and drought hypotheses in relation to lichens and bryophytes in urban environments. *Bryologist*. 76(1):1-19.
- Leblanc, F. and D. N. Rao. 1974 a. A review of the literature on bryophyte with respect to air pollution. *Bull. Soc. Bot. France*. 2:237-255.

- Leblanc, F., R. Givens and D. N. Rao. 1974 b. Biological response of lichens and bryophytes to environmental pollution in the Mordo Ville Cooper mine area, Quebec. Jour. Hattori. Bot. Lab. 38:405-433.
- Malhotra, S. S and D. H. Hocking. 1976. Biochemical and cytological effect of sulphur dioxide on plants metabolism. New. Phytol. 76:227-237.
- Morrison, F. Donald. 1967. Multivariate statistical methods. 2^a edición. McGraw-Hill.
- Nash, H. T. 1973. Simplification of the Blue Mountain lichen communities near a mine factory. Bryologist. 75(3):315-324.
- Ruckett, K. J. 1973 a. The uptake of metal ions by lichens, a modified ion-exchange process. New. Phytol. 72:329-342.
- _____ . 1973 b. Sulphur dioxide. Its effect on photosynthetic C¹⁴ fixation in lichens and suggested mechanisms of phototoxicity. New. Phytol. 75:141-154.
- Rao, D. N. and F. Leblanc. 1966. Effects of SO₂ on the lichens alga, with special reference to chlorophyl. Bryologist. 69(1):69-75.
- Rao, D. N. and F. Leblanc. 1967. Influence of an iron-sintering plant on corticolous epiphytes in Wawa, Ontario. Bryologist. 70(2):141-157.
- Reiche, A. 1914. La vegetación de los alrededores de la capital de México con una lista de 108 briofitas. Tipografía económica de México.
- Schlaepfer, C. I. 1968. Carta geológica de México. 14-H(5). Instituto de Geología UNAM. México.
- Showman, E. 1978. Lichens as indicators of air quality around a coal-fired power generating plant. Bryologist. 78(1):1
- Secretaría de Programación y Presupuesto. 1978. Informe de Planeación del Distrito Federal. México.
- Subsecretaría del Mejoramiento del Ambiente. Dirección General de Saneamiento Atmosférico. Informe Técnico/2-1978. El índice Mexicano de la calidad del aire (IMEXCA).
- _____ Informe Técnico/3-1978. Climatología de la difusión de Contaminantes en la Ciudad de México. parte I.

_____ Informe Técnico/4-1978. Situación actual de la contaminación atmosférica en el área metropolitana de la Cd.de México.

ANEXO 1

Para la obtención del Índice de Pureza Atmosférica (IPA) se tomaron lecturas de los siguientes datos.

- a) Número total de especies de musgos (n) en cada estación de muestreo. Se registraron todos los musgos encontrados sobre el tronco de cada árbol entre 1.30 mts a 3.0 mts de altura. Se excluyeron los musgos localizados en la base de los árboles y sobre troncos muertos.
- b) Frecuencia-cobertura por especie de musgo (f_i). Siguiendo a Leblanc y Kao (1973,b) se combinaron estos dos parámetros asignando valores relativos según la siguiente escala:
- 1, especies muy raras y con bajo grado de cobertura.
 - 2, especies infrecuentes y con un bajo grado de cobertura.
 - 3, especies infrecuentes y con grado medio de cobertura en algunos árboles.
 - 4, especies frecuentes con muy alto grado de cobertura en algunos árboles.
 - 5, especies frecuentes y con un grado de cobertura muy alto en la mayoría de árboles.
- c) Factor de resistencia de cada especie o índice ecológico (q_i). Es el promedio aritmético del número de epífitas que concurren con una especie de musgo dado en todas las estaciones. Este número se obtiene dividiendo el número total de especies que acompañan a una especie en particular sobre el número total de sitios en que la especie en particular ocurre.

Con base a los datos anteriores se hizo la determinación del IPA para cada estación de muestreo según la ecuación propuesta por Leblanc y Desloover (1970): $IPA = \sum_{i=1}^n (q_i \cdot f_i) / 10$

La expresión anterior se divide entre 10 para reducirla a un número pequeño.

ANEXO 2.

| Num. Estacion | PPA | Num. Especies | SO ₂ | Temp. | Prec. Pluv. | Num. Estacion | IPA | Num. Especies | SO ₂ | Temp. | Prec. Pluv. |
|---------------|-----|---------------|-----------------|-------|-------------|---------------|-----|---------------|-----------------|-------|-------------|
| 1 | 176 | 4 | 0.05 | 16.80 | 573.00 | 1 | 0 | 0 | 0 | 16.80 | 573.00 |
| 2 | 176 | 4 | 0.05 | 15.80 | 550.30 | 2 | 0 | 0 | 0 | 15.80 | 550.30 |
| 3 | 176 | 4 | 0.05 | 10.45 | 1045.7 | 3 | 0 | 0 | 0 | 10.45 | 1045.7 |
| 4 | 176 | 4 | 0.05 | 10.45 | 1045.7 | 4 | 0 | 0 | 0 | 10.45 | 1045.7 |

ANEXO 3

Localización de los sitios de muestreo de musgos en la Ciudad de México.

| ESTACION No. | LOCALIZACION | I.P.A. |
|-----------------|---|--------|
| 1 | Parque "Centro Ceremonial Cuauhtémoc". J. O. Domínguez y Miguel Hidalgo. Del. Xochimilco. | 3.13 |
| 2 | Parque Santa María la Ribera, Carpio y Ciprés. Del. Cuauhtémoc. | 2.25 |
| 3 | Panteón de Dolores. Del. Miguel Hidalgo. | 3.35 |
| 4 | Parque Venustiano Carranza. Prolongación F.C. Industrial. Del. Venustiano Carranza. | 0.54 |
| 5 | "CASCO". E.N.C.B., Calzada de los Gallos. Del. Miguel Hidalgo. | 2.92 |
| 6 | Paseo de la Reforma y Mississippi. Cine Diana Del. Cuauhtémoc. | 2.27 |
| 7 | Ciudad Universitaria. Paseo de las Facultades. Del. Coyoacán. | 4.79 |
| 8 | Alameda Central. Av. Juárez y Av. Hidalgo. Del. Cuauhtémoc. | 1.76 |
| 9 | Bosque San Juan de Aragón (Seo. Sur). Del. Gustavo A. Madero. | 4.62 |
| 10 | Parque del Metro "Estación Indios Verdes". Del. Gustavo A. Madero. | 1.69 |
| 11 | Parque "Plutarco Elías Calles". Cobre y Aluminio. Del. Venustiano Carranza. | 1.12 |

| ESTACION No. | LOCALIZACION | I.P.A. |
|-----------------|--|--------|
| 12 | Parque zoológico de San Juan de Aragón (Sec. Norte). Del. Gustavo A. Madero. | 0.00 |
| 13 | Parque Oceanía. Formosa. Del. Venustiano Carranza. | 0.55 |
| 14 | Panteón del Tepeyac. Del. Gustavo A. Madero. | 1.11 |
| 15 | Parque de la Penitenciaría. Av. Eduardo Molina y Penitenciaría. Del. Venustiano Carranza. | 1.16 |
| 16 | Parque Xicoténcatl. Rfo Churubusco. Del. Coyoacán. | 3.36 |
| 17 | Prado Churubusco. Cruz del Sur y Prado Churubusco. Del. Coyoacán. | 3.70 |
| 18 | Ciudad Deportiva. Del. Iztacalco. | 1.37 |
| 19 | Parque Nativitas. Del. Xochimilco. | 3.61 |
| 20 | Parque Insurgentes. Insurgentes Sur y Porfirio Díaz. Del. Benito Juárez. | 2.40 |
| 21 | Parque Alvaro Obregón. Insurgentes Sur. Del. Alvaro Obregón. | 3.31 |
| 22 | Parque Galeana. Av. Circunvalación. Del. Gustavo A. Madero. | 1.09 |
| 23 | Museo de Antropología. Paseo de la Reforma. Del. Miguel Hidalgo. | 2.83 |
| 24 | Av. Constituyentes. Viejo Bosque de Chapultepec. Del. Miguel Hidalgo. | 2.54 |
| 25 | Parque Atzacapotzalco. Av. Atzacapotzalco y Calzada Sto. Tomás. Del. Atzacapotzalco. | 2.02 |
| 26 | Jardín del Arte. Arteaga y Ayuntamiento. Del. Alvaro Obregón. | 1.71 |

| <i>ESTACION No.</i> | <i>LOCALIZACION</i> | <i>I.P.A.</i> |
|-------------------------|--|---------------|
| 27 | <i>Parque del Centro Médico. Cuauhtémoc y Av. Central. Del. Cuauhtémoc.</i> | 1.09 |
| 28 | <i>Viveros de Coyoacán. Av. Universidad. Del. Coyoacán.</i> | 2.29 |
| 29 | <i>Parque México. Av. Cuauhtémoc y Dr. Navarro. Del. Cuauhtémoc.</i> | 2.54 |
| 30 | <i>Jardín Taxqueña. Central Camionera. Calzada de Taxqueña. Del. Coyoacán.</i> | 0.27 |
| 31 | <i>Parque Esther Industrial. Buentono y Esther. Del. Gustavo A. Madero.</i> | 0.84 |
| 32 | <i>Parque María Luisa. Buentono y María Luisa. Del. Gustavo A. Madero.</i> | 0.84 |
| 33 | <i>Jardín Balbuena. Fray Servando Teresa de Mier y Dr. Nicolás León. Del. Venustiano Carranza.</i> | 0.55 |
| 34 | <i>Colonia Juan Escutia. Av. Zaragoza. Del. Iztapalapa.</i> | 0.83 |
| 35 | <i>Av. Año de Juárez y Calzada Ermita-Iztapalapa. Del. Iztapalapa.</i> | 1.63 |
| 36 | <i>Deportivo Santa Cruz. Av. 5 y Ermita-Iztapalapa. Del. Iztapalapa.</i> | 0.58 |
| 37 | <i>Río Piedad y Av. Río Churubusco. Ciudad Deportiva. Del. Iztacalco.</i> | 0.55 |
| 38 | <i>Rojo Gómez y Calzada Ermita-Iztapalapa. Del. Iztapalapa.</i> | 0.84 |

| ESTACION No. | LOCALIZACION | I.P.A. |
|-----------------|--|--------|
| 39 | Jardín Miguel Hidalgo. Col. Romero Rubio. Japón y Africa. Del. Venustiano Carranza. | 1.09 |
| 40 | San José Acuico y Calzada 5 de Mayo. Del. Iztapalapa. | 0.27 |
| 41 | Plaza del Estudiante. República de Nicaragua y Carmen. Del. Cuauhtémoc. | 0.54 |
| 42 | Iglesia: Entre Norte 13 y Poniente 112. Col. Panamericana. Del. Gustavo A. Madero. | 0.90 |
| 43 | Lindavista. Rfo Bamba y Sierra Vista. Del. Gustavo A. Madero. | 3.44 |
| 44 | Condominios Lindavista. Av. de los 100 mts y Atzacapotzalco-La Villa. Del. Gustavo A. Madero. | 0.62 |
| 45 | Bougambilea y Tlalpan. Cd. Jardín. Del. Coyoacán. | 1.70 |
| 46 | Melchor Ocampo y Virginia Fabregas. Col. San Rafael. Del. Miguel Hidalgo. | 1.88 |
| 47 | Cicerón y F.C. Cuernavaca. Polanco. Del. Miguel Hidalgo. | 2.31 |
| 48 | Insurgentes Sur y Alvarado. Del. Alvaro Obregón. | 3.46 |
| 49 | Calzada de Tlalpan y Av. San Fernando. Del. Tlalpan. | 2.67 |
| 50 | Parque Belisario Domínguez e Independencia. Del. Tlalpan. | 5.62 |
| 51 | Calle Guido Reni y Adriano Bower. Del. Alvaro Obregón. | 2.57 |
| 52 | Parque Lira. Rincón Gallardo. Del. Miguel Hidalgo. | 1.69 |

| ESTACION No. | LOCALIZACION | I. P. A. |
|-----------------|---|----------|
| 53 | Parque del Hotel Chapultepec. Paseo de la Reforma. Del. Miguel Hidalgo. | 3.61 |
| 54 | Colegio Militar. Calzada México-Tacuba. Del. Miguel Hidalgo. | 0.81 |
| 55 | Parque Mar Arafura y México-Tacuba. Del. Miguel Hidalgo. | 0.27 |
| 56 | Panteón Santa Lucía. Mixtengo y Tezozomoc. Del. Atzacapotzalco. | 1.42 |
| 57 | Guardias Presidenciales. Calzada del Rey y Anillo Periférico. Del. Miguel Hidalgo. | 5.03 |
| 58 | Calle Miguel Ocaranza y Boulevard López Mateos. Del. Benito Juárez. | 3.21 |
| 59 | Parque Fuentes Brotantes. Av. Insurgentes Sur. Del. Tlalpán. | 3.02 |
| 60 | Cerro de las Torres (Universidad Ibero-Americana). Del. Coyoacán. | 3.19 |
| 61 | Calzada de la Virgen. Col. Narvarte. Del. Coyoacán. | 2.29 |
| 62 | La Noria. Av. San Bernardino y Av. 20 de Noviembre. Del. Xochimilco. | 2.98 |
| 63 | Av. del Taller. Col. 24 de Abril. Del. Venustiano Carranza. | 1.12 |
| 64 | Av. Oriente 166. Col. Sector Popular. Del. Iztapalapa. | 0.82 |
| 65 | Acorpa y Viaducto Tlalpan. Del. Tlalpan. | 2.00 |

| ESTACION No. | LOCALIZACION | I.P.A. |
|-----------------|---|--------|
| 66 | Glorieta de Vertiz y Cumbres de Maltrata. Del. Benito Juárez. | 2.29 |
| 67 | Parque de los Venados. Vertiz y Uxmial. Del. Benito Juárez. | 3.15 |
| 68 | Plaza Gómez Farfás. Col. San Pedro de los Pinos. Del. Benito Juárez. | 1.54 |
| 69 | George Washington y Juana de Arco. Del. Iztacalco. | 2.64 |
| 70 | Parque Arboledas. Filares y Pezta lotxi. Del. Benito Juárez. | 2.67 |
| 71 | Av. Atzacapotzalco y Calle Primavera. Del. Atzacapotzalco. | 2.47 |
| 72 | Panteones. México-Taouba: Francés, Alemán e Inglés. Del. Miguel Hidalgo. | 2.25 |
| 73 | Plaza Aviación. Col. Moctezuma. Del. Venustiano Carranza. | 0.57 |
| 74 | F.C. Cuernavaca y Reforma. Del. Miguel Hidalgo | 2.87 |
| 75 | Monte Blanco y Monte Tauro. Lomas de Chapultepec. Del. Miguel Hidalgo. | 3.39 |
| 76 | Ixtlán y Reforma. Del. Miguel Hidalgo. | 3.26 |
| 77 | Jardín Santiago Tlatelolco. Reforma y Nonoalco. Del. Cuauhtémoc. | 0.00 |
| 78 | Parque Eduardo Molina. Eduardo Molina y Lomeros. Del. Venustiano Carranza. | 0.00 |
| 79 | Reforma. Glorieta Colón hasta Glorieta Insurgentes. Del. Cuauhtémoc. | 0.00 |

| ESTACION No. | LOCALIZACION | I. P. A. |
|-----------------|---|----------|
| 80 | Lago Xochimilco y Ejército Nacional, Del. Miguel Hidalgo. | 1.45 |
| 81 | Antonio Castelar y Masaryk Del. Miguel Hidalgo. | 4.74 |
| 82 | Presidente Masaryk y Lope de Vega hasta Mariano Escobedo. Del. Miguel Hidalgo. | 4.38 |
| 83 | Legaria y Lago Superior. Del. Miguel Hidalgo. | 0.00 |
| 84 | Hipódromo y Av. del Conscripto. Del. Miguel Hidalgo. | 5.59 |
| 85 | Cervantes Saavedra y Manitoa. Col. Ampliación Granados. Del. Miguel Hidalgo. | 2.29 |
| 86 | Goya y Patriotismo. Del. Benito Juárez. | 3.60 |
| 87 | Tamaulipas y Alfonso Reyes. Del. Cuauhtémoc. | 5.05 |
| 88 | Calzada Alvaro Obregón e Insurgentes. Del. Cuauhtémoc. | 2.57 |
| 89 | Alvaro Obregón y Orizaba. Del. Cuauhtémoc. | 1.11 |
| 90 | Parque Rinconada de Jesús. Del. Cuauhtémoc. | 0.00 |
| 91 | Arcos de Belem y Dr. Andrade. Del. Cuauhtémoc. | 0.00 |
| 92 | Regina y Bolívar. Del. Cuauhtémoc. | 0.00 |
| 93 | Netzahualcoyotl y 20 de Noviembre. Del. Cuauhtémoc. | 0.00 |
| 94 | Parque San Pablo. Del. Venustiano Carranza. | 1.45 |
| 95 | Miguel A. de Quevedo y Cerro del Hombre. Del. Coyoacán. | 5.48 |
| 96 | Miguel A. de Quevedo, Fernández Leal y Pacifico. Del. Coyoacán. | 3.22 |
| 97 | Talismán y Fernández Fabela. Del. Gustavo A. Madero. | 0.28 |

| <i>ESTACION No.</i> | <i>LOCALIZACION</i> | <i>I.P.A.</i> |
|-------------------------|--|---------------|
| 98 | <i>Av. San Juan de Aragón, entre Eduardo Molina y el Gran Canal. Del. Gustavo A. Madero.</i> | 2.03 |
| 99 | <i>Insurgentes Norte y Excelsior. Del. Gustavo A. Madero.</i> | 1.79 |
| 100 | <i>Centenario y Morelos. Del. Gustavo A. Madero.</i> | 0.00 |

**BIBLIOTECA
JUAN A. ESCALANTE H.
UNIDAD ACADEMICA DE
LOS CICLOS PROFESIONAL
Y DE POSGRADO / CCH
UNAM**