

29



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CAMPUS IZTACALA

NIVELES DE NITROGENO FOLIAR EN CUATRO COMUNIDADES VEGETALES EN EL VALLE DE TEHUACAN, PUE. MEXICO

294075

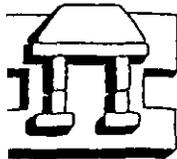
T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G O

P R E S E N T A

CLAUDIA FABIAN NAVARRETE



IZTACALA

DIRECTOR DE TESIS: M. EN C. CESAR M. FLORES ORTIZ

LOS REYES IZTACALA, TLAINEPANTLA, MEXICO 2001



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A MIS PADRES:

Ma. de la Luz Navarrete Rodríguez y
Marcos Fabián Macedonio.
Por darme la vida y la oportunidad de llegar
hasta donde estoy.
Con AMOR, ADMIRACIÓN Y RESPETO.

A DOS PILARES IMPORTANTES DE MI VIDA:

Aunque se han adelantado al camino de la
eternidad, se que siempre estarán junto a mi,
mis abuelos: Agustín y Silvestre.

A MIS DOS HERMANOS, QUE DIOS ME DIO:

Ana Luisa y Emmanuel, por que sin ustedes mi
vida estaría vacía.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar GRACIAS a Dios por la vida.

A mis directores de tesis: M. en C. César Flores Ortiz, por su apoyo incondicional, su paciencia y consejos para terminar esta tesis y sobretodo por haberme "adoptado" sin reservas. Al Dr. Miguel Verdú del Campo, por sus consejos a pesar de la distancia, su orientación y por su ayuda al comenzar esta tesis.

A mis sinodales: M. en C. Manuel Mandujano, por su apoyo y consejos, Dr. Jorge Sarquiz, por sus "jalones de orejas" para que esta tesis sea de orgullo, por prestarme material de medición y bibliográfico, M. en C. Alberto Ariaga, por sus comentarios y asesoría, Dr. Ignacio Peñalosa, por su confianza y aceptación de esta tesis.

Al personal de la UBIPRO, por su apoyo para usar sus instalaciones, Lab. Ecología en primera instancia. Al Dr. Aurelio Ramírez y Julio Lemus por apoyarme y sus consejos, Dr. Héctor Godínez, por las revisiones finales y sus comentarios. Lab. de Recursos Naturales, Biol. Susana Gama por sus consejos, préstamo de computadora, de bibliografía y por su incondicional amistad. A los futuros biólogos Carlos Morín, Martín Paredes, por su ayuda en campo e identificación de material y por todos los consejos y días felices, al ya Biol. Oswaldo Oliveros, por su ayuda en campo e identificación de material, así como su amistad. Lab. de Fisiología Vegetal y Biogeoquímica, por adoptarme y dejarme usar los espectros, por su apoyo en el uso de material, Biol. Margarita Moreno, por ayudarme con la técnica de Microjeldhal, al Biol. Luis B. Hernández, por su ayuda con el espectro de infrarrojos, así como su amistad y consejos, a mis compañeros de laboratorio, Biol. Josefina Vázquez, Biol. Rafael Quintanar, Fredd Vergara, Martha y César Ordóñez, por compartir conmigo sus salidas al campo y su amistad. Lab. de Edafología, por su ayuda para identificar el tipo de suelo y la colecta. Finalmente al Dr. Rafael Lira por sus consejos y preocupación para que esta tesis se realizara como debe, gracias Rafa.

A la Biol. Edith López, por enseñarme lo mejor de la botánica, su apoyo en mi formación, su amistad y sobretodo por permitirme seguir llegando al Herbario como mi segunda casa, gracias Edith.

Al Biol. Gumersindo de la Cruz, por prestarme material de medición, así como sus consejos y agradables pláticas, mientras trabajaba.

A los amigos CCHeros, "cubo azul"; a los cuates de la carrera, Oswaldo, Marisol, Carlos, Martín, Vicente, Manolo, Leticia, Verónica, Alma, Iván, Daniel, Elizabeth, Luis, Angélica, Oíga, Yadira, Blanca, etc...

A mis superamigas: Claudia O., Elsa A., Carolina C., Ariadna J. y la fantasma Nelly J.

A mi casi hermana Nancy López, por ser mi amiga sin importar las adversidades.

Y un reconocimiento especial al mejor amigo de la carrera Guillermo Sánchez, por soportarme el tiempo compartido, las salidas al campo, apoyo incondicional, consejos, regañadas, enojos, etc., etc.

A LOS AMIGOS DE LA A..Z, QUE DE MOMENTO ESCAPAN..

INDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	PAGINA
Resumen	1
I.- Introducción	2
1.1 Ecofisiología	2
1.2 Interacciones: Factores bióticos y abióticos	3
1.3 Morfología	4
1.4 Generalidades de nitrógeno	5
1.5 Constancia del contenido de nitrógeno foliar	6
1.6 Vegetación en el Valle	7
1.7 Tipos de análisis de nitrógeno	8
II.- Antecedentes	9
III.- Objetivos	12
IV.- Diseño experimental	13
V.- Area de estudio	14
VI.- Métodos	
6.1 Campo	18
6.2 Laboratorio	18
6.2.1 Datos edafológicos	18
6.2.2 Datos morfológicos	18
6.2.3 Datos espectrales	19
VII.- Resultados	
7.1 Análisis Vegetal I	21
7.2 Análisis de Suelos	25
7.3 Análisis Vegetal II	26
VIII.- Discusión	29
IX.- Conclusiones	36
X.- Bibliografía	37
XI.- Apéndice I Listado florístico	46
XII.- Apéndice II Valores de área foliar vs peso seco y %N	
11.1 Selva Baja Caducifolia	49
11.2 Matorral Espinoso con Espinas Laterales	50
11.3 Selva Baja Espinosa Perennifolia	51
11.4 Chaparral	52

RESUMEN

Debido a la diversidad y complejidad de las comunidades vegetales un aspecto importante de los estudios ecológicos es brindar un marco de referencia que sirva de base para la caracterización de las mismas, aunado a ello se encuentran los avances realizados en estudios fisiológicos y por tanto se ha desarrollado una reciente línea de investigación, conocida como Ecofisiología. Para el enriquecimiento de estos estudios se ha propuesto la realización del presente trabajo, donde el objetivo principal fue cuantificar los niveles de nitrógeno foliar de cuatro comunidades vegetales del Valle de Tehuacán, Puebla: Selva baja caducifolia, Matorral espinoso con espinas laterales, Selva baja espinosa perennifolia y Chaparral. Se analizaron 86 especies cada una con al menos 5 individuos, mediante un Espectrofotómetro de infrarrojo con el accesorio de reflectancia difusa. Para la curva de validación se emplearon 24 muestras que fueron analizadas por el método de Micro-Kjeldhal. Para la predicción de nitrógeno proteico se obtuvieron los espectros en un rango de infrarrojo medio y cercano de 7800 a 600 cm^{-1} . Los resultados obtenidos para el contenido de nitrógeno foliar son los siguientes: Selva baja caducifolia: 3.4 % N, Matorral espinoso con espinas laterales: 3.4 % N, Selva baja espinosa perennifolia: 3.4 % N y Chaparral: 3.1 % N. Por otro lado se obtuvo la cantidad de N disponible en suelo y se encontró que los suelos son ricos en cuanto a nitrógeno se refiere, de igual forma se tomó en cuenta el Índice de Área foliar específica para encontrar una relación entre éste y el contenido de nitrógeno foliar, al ser analizadas se encontró una ausencia de correlación. Por lo anterior se puede concluir que las comunidades de zonas áridas no son pobres en nitrógeno foliar, al menos para las comunidades estudiadas para el Valle de Tehuacán, así como lo habían estimado algunos autores, haciendo énfasis sobre todo en las del desierto, ya que estas debían presentar bajas concentraciones del nutriente por ser ambientes oligotróficos.

I. INTRODUCCIÓN

Por su extraordinaria riqueza cultural y natural, el Valle de Tehuacán-Cuicatlán ha llamado la atención de científicos de diversas disciplinas en los últimos 60 años. Dicho Valle localizado a 250 km al Suroeste de México colinda entre los Estados de Puebla, Oaxaca y Veracruz, muestra un marcado contraste en cuanto a vegetación. El Valle de Tehuacán-Cuicatlán forma parte de la región xerofítica mexicana (Rzedowski, 1978), desde el punto de vista fisiográfico, se encuentra en la provincia denominada Mixteca-Oaxaqueña (Tamayo, 1962) y abarca varios valles entre los que destacan los de Cuicatlán, Huajuapán, Tehuacán, Tepelmeme y Zapotitlán, que a su vez forman parte de la Cuenca alta del Río Papaloapan y en menor proporción de la Cuenca alta del Río Balsas. La pequeña zona árida de la Cuenca del Río Balsas, así como del Valle de Tehuacán-Cuicatlán presentan un alto porcentaje de elementos tropicales, no propiamente xerófitos en su flora, donde muchos de los elementos característicos de las zonas áridas de Norteamérica tienen un límite de distribución meridional. Lo anterior coloca a esta región como una zona de ecotonía entre la vegetación de la parte Norte y la vegetación tropical de la parte Sur del territorio nacional; éste hecho es uno de los responsables de su gran riqueza florística a pesar de su pequeña superficie, 10 000 km² (Dávila, et al., 1993).

1.1 ECOFISIOLOGÍA PARA EL VALLE

En México la ecofisiología tiene un desarrollo incipiente, cuyo inicio se remonta no más allá de dos décadas. Anteriormente existieron trabajos aislados en los que sin haberse empleado el término "ecofisiología" o alguno equivalente, la orientación de estos tenían ese enfoque (Vázquez-Yanes, 1994). La finalidad de la ecofisiología vegetal es comprender el comportamiento de las plantas en condiciones naturales.

La vegetación y la flora no son los únicos aspectos dinámicos de un ecosistema. Pueden existir variedades o especies genéticamente más eficaces que estarían en ventaja competitiva bajo condiciones de umbría. Las características fisiológicas que capacitan a la planta a sobrevivir o competir con éxito son las que la habilitan para tolerar mejor las tensiones. El acoplamiento más efectivo significaría la eficiencia más alta y el desperdicio más bajo. Además de los hechos de competencia y los extremos del ambiente colocan a las

especies y los individuos de una comunidad bajo tensión y pueden reaccionar ante ella de varias maneras. Alternativamente, las adaptaciones pueden resultar en el aspecto de formas o variedades distintivas que se llaman ecotípos, los cuales estarán mejor adaptados para competir o sobrevivir bajo condiciones locales (Taiz & Zeiger, 1998).

Por tanto el entendimiento de las relaciones entre concentraciones de nutrientes y distribución de las plantas, así como de las bases metabólicas de los procesos de incorporación y acumulación de minerales, ofrece perspectivas a la interpretación de las variantes de cualquier índole (climática, edáfica, topográfica o biótica) en ecología vegetal (Medina, 1977).

Debido a la diversidad y complejidad de las comunidades vegetales como es el caso del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, un aspecto importante de los estudios ecológicos de las zonas es brindar un marco de referencia que sirva de base para la caracterización de las mismas. En este sentido, para enriquecer el conocimiento de una comunidad es importante considerar además de los aspectos ecológicos, los morfológicos y fisiológicos de los individuos que la constituyen. En los últimos 20 años se ha avanzado en forma explosiva en los conocimientos científicos sobre la estructura, composición y funcionamiento de las plantas. Como consecuencia de lo anterior y de un desarrollo comparable de la ecología, las investigaciones se han ido encausando en lo que se denomina Fisiología ecológica o Ecofisiología vegetal, la cual ha aportado nuevos conocimientos acerca de la plasticidad y adecuación de los procesos fisiológicos que están detrás de cada respuesta de las plantas al ambiente en el que viven, y en las interacciones que se dan entre ellas (Chapin et al., 1987; Vázquez-Yañes, 1974, 1992).

1.2 INTERACCIÓN: FACTORES BIÓTICOS Y ABIÓTICOS

La interrelación suelo-vegetación puede contemplarse desde la perspectiva de considerar la vegetación como factor de la edafogénesis. El papel indirecto de la vegetación deriva de su acción de pantalla frente a la radiación solar, frente al agua de lluvia que afecta el régimen de humedad del suelo, la infiltración, la escorrentía y la erosión, y como atenuador de los efectos del viento. Según sea el sistema radicular, este interceptará de distinta manera el agua, influyendo sobre la circulación hídrica en el suelo, que a su vez

tiene efectos sobre la translocación y el lavado de sustancias en el suelo y también sobre sus condiciones de fertilidad (Generalitat Valenciana, 1995).

Todos aquellos factores que significan tensión para el organismo, pueden afectar su distribución. El ambiente está compuesto de muchos factores que a su vez están interrelacionados; estos afectan de modo general al ambiente así como al tipo de vegetación que puede vivir con éxito en un área determinada. Los factores climáticos incluyen intensidad y periodicidad de calor y luz, precipitación y humedad relativa; los factores fisiográficos incluyen estructura del suelo, acidez y composición de nutrientes, los cuales a menudo se relacionan con la naturaleza de la roca subyacente y las condiciones climáticas locales causadas por el contorno físico del terreno. Los factores biológicos resultan del tipo de vegetación que la constituye e incluyen: el sombreado (competencia por luz), competencia por el agua, competencia por nutrientes, alteración o aprovisionamiento del sustrato, interacciones planta-animal, acción de antibióticos, relaciones saprofitas y parásitas, así como modificación de condiciones microclimáticas tales como pH o viento en el interior de la vegetación. Todos estos factores, interactuando en una complejidad extraordinaria, afectan la naturaleza de la vegetación y de la flora que existe en cualquier tiempo y área dados (Kozlowski & Pallard, 1996).

1.3 MORFOLOGÍA

Existen otros componentes básicos de la productividad como son el índice de área foliar, la tasa fotosintética neta, la proporción tallo-raíz y la longevidad de la hoja (Mooney & Gulmon, 1983). La variación de estos componentes y por lo tanto de la productividad, está determinada por la variación de los recursos (nutrientes, agua y luz) disponibles en el sitio. Lo interesante en términos de disponibilidad, es que los recursos no son constantes y con ello puede variar la respuesta fotosintética de las plantas. En términos generales, las especies que colonizan áreas perturbadas tienen una tasa fotosintética alta y la elevada disponibilidad de recursos permite que respondan con un crecimiento acelerado a través de un patrón de acumulación de nutrientes determinado fundamentalmente por la secuencia de sus eventos fenológicos, canalizando así más recursos a estructuras reproductivas (Mooney & Gulmon, 1983; Chapin, 1983); esto no ocurre con plantas de estadios sucesionales

tardíos, que dependen en mayor proporción de patrones estacionales de disponibilidad de recursos en el suelo (Alvarez,1991).

Se sabe que las plantas se diferencian tanto por sus requerimientos nutricionales para un crecimiento normal como por su capacidad para extraer nutrientes del suelo. De igual manera se ha visto que el crecimiento de la planta requiere un adecuado y constante suministro de nutrientes para la formación de nuevos tejidos y sustituir los nutrientes perdidos por abscisión foliar, muerte de raíces y ramas, etc. Por lo general las hojas contienen mayor concentración de nutrientes minerales que las raíces y los tallos. Estos nutrientes proceden en su mayor parte de la disolución del suelo. La fuente principal de energía es el sol, el proceso de aprovechamiento es la fotosíntesis y el flujo ocurre por el consumo, la descomposición y la evapotranspiración (Medina,1977; Alvarez,1991). En este sentido el nitrógeno es importante en la nutrición foliar por tener un rol central en la bioquímica y fotobiología de la fotosíntesis de la planta.

1.4 GENERALIDADES DE NITRÓGENO

En una hoja típica el 70-80 % del nitrógeno constituye proteínas, 10 % ácidos nucleicos y el 5-10 % en clorofila y lipoproteínas, con un remanente amplio en forma de aminoácidos libres (Chapin & Kendrowski,1983). Aproximadamente el 75 % de nitrógeno total en la hoja está directamente relacionado con la fotosíntesis (Field & Money, 1986). Estos resultados no son sorprendentes ya que el contenido de nitrógeno foliar está fuertemente relacionado con la capacidad fotosintética (Rundel,1988b).

Las plantas absorben nitrógeno principalmente: como nitrato, amoníaco, compuestos orgánicos (por ejemplo aminoácidos), así como urea. El nitrato es la forma más abundante de nitrógeno utilizable y la fuente más importante para ellas. El amoníaco es relativamente abundante, por ejemplo donde está ocurriendo fijación de nitrógeno o en suelos húmedos anaerobios. El nitrógeno orgánico, generalmente en la forma de aminoácidos, puede tornarse útil para las plantas debido a la muerte y putrefacción de la materia vegetal o animal. Bajo estas circunstancias las plantas compiten con las bacterias por el nitrógeno, que normalmente es convertido por éstas en nitrógeno molecular o en nitrato (NO_3^-) en el curso de su metabolismo. Normalmente el nitrógeno orgánico no constituye una fuente

importante del elemento para las plantas. Igualmente la urea por lo general no es importante (Salisbury & Ross, 1994).

Las raíces absorben los nitratos y ahí son reducidos, o bien son llevados a reducirse en las hojas, en otras plantas como en los pastos, normalmente el nitrato es llevado a las hojas donde puede acumularse en grandes cantidades, y se reduce conforme se necesita. La reducción del nitrato generalmente es más rápida durante el día que en la noche a causa de la disponibilidad de sustrato con carbono y del poder reductor de la fotosíntesis. Por lo general los aminoácidos no toman parte en actividades metabólicas tan importantes como es el caso de los ácidos orgánicos, porque la función especial de éstos en la célula es la transformación y metabolismo del nitrógeno, no de la energía (Salisbury & Ross, 1994).

Análogamente, las diferencias entre vegetación de suelos ricos en carbonatos de calcio y la de suelos pobres o sin caliza, contribuyen a la diversidad del tapiz vegetal. La dependencia de la vegetación frente a las condiciones de acidez o basicidad del suelo pueden ser determinantes en algunas especies. Como consecuencia, la flora no se distribuye de forma arbitraria en un territorio, sino que existe un conjunto de factores ambientales que tienen una incidencia fundamental sobre la distribución de las comunidades vegetales. La vegetación es el indicador más fiel de las condiciones ambientales de un territorio, ya que sobre ella inciden todos los factores ecológicos que se den en el ecotopo que ocupan (Generalitat Valenciana, 1995).

1.5 CONSTANCIA DEL CONTENIDO DE NITRÓGENO FOLIAR

En consideración de todo lo anterior, se observa la necesidad de contribuir al conocimiento de las comunidades vegetales con un enfoque ecofisiológico a partir de un análisis basado en los niveles minerales en hojas de árboles y arbustos, poniendo especial atención en el nitrógeno. Actualmente se ha estimado que el contenido de nitrógeno foliar para algunas comunidades con especies siempre verdes y perennes, promedia alrededor de un 2.2 %, esto deriva de una propuesta hecha por Killingbeck y Withford (1996), quienes ponen a prueba la hipótesis de la existencia de una mayor concentración de N en arbustos del desierto, lo cual les lleva a realizar un análisis bibliográfico comparando en comunidades de los 5 continentes, y muestran que los valores del contenido de N en las hojas de los

arbustos del desierto dan un promedio del 2.2 %. Además encuentran que no sólo en desiertos sino en comunidades muy dispares (Bosques tropicales, perennes y caducifolios entre otros) es constante el promedio del 2.2 %. Esto les lleva a pensar que las concentraciones de nitrógeno foliar observadas en su análisis estadístico reflejan la existencia de una "constancia adaptativa" individual en todas las plantas. Los límites biológicos de la distribución radican en el hecho de que en las plantas un 95 % de la materia seca está compuesto por C, H y Ca y sólo resta un 5% para el N y otros elementos. A pesar de la supuesta constancia del 2.2 % como promedio comunitario, existen datos de comunidades que promedian por debajo. Por ejemplo Peace & Macdonald (1981), muestran que los promedios de nitrógeno oscilan alrededor del 1 % en comunidades como Bosques tropicales lluviosos y matorrales.

1.6 VEGETACIÓN EN EL VALLE

Las plantas que viven en una región específica pueden analizarse de forma general de dos maneras: como vegetación y como flora. La vegetación es el tipo o tipos de plantas que viven en la región, las clases de plantas que pueden vivir exitosamente dentro de las limitaciones expuestas por el clima y el ambiente. La flora por otra parte, es el grupo de especies de plantas que están presentes y que por tanto forman lo que se conoce como la vegetación de una región. Así el tipo de vegetación de un área puede clasificarse, como por ejemplo un bosque decíduo. Esto indica las clases de plantas que dominan en la región. La flora enlistaría las actuales especies de árboles de bosque decíduo y las plantas asociadas que en realidad viven en el área; estas especies compiten con éxito entre sí y coexisten para llegar a ser una parte más o menos estable de la comunidad vegetal del área (Kozłowski & Pallard, 1996).

El Valle de Tehuacán ofrece diversas comunidades vegetales cuyas características físico-químicas y biológicas que permite contribuir al conocimiento del comportamiento de las especies a partir de un estudio ecofisiológico, poniendo a prueba la hipótesis si el contenido de nitrógeno foliar promedia igual o difiere para cuatro tipos de comunidades vegetales diferentes en una zona semi-árida y si existe o no la constancia del promedio de 2.2 % para las comunidades vegetales. Dicho Valle se encuentra localizado entre los estados de Puebla y Oaxaca (Dávila et al., 1993). Las comunidades que se eligieron para el estudio son las

siguientes y se han clasificado según el tipo de vegetación propuesta por Miranda y Hernández X.(1963) y son:

- ❖ Selva baja caducifolia (S.B.C.): Es una selva de menos de 15 m de altura media de los árboles altos que pierden casi completamente las hojas en época seca y no son espinosos por lo común. Corresponde a climas semisecos o subsecos y cálidos, con temperatura media anual superior a 20°C, precipitación media anual entre 700 y 1200 mm, con una temperatura seca larga y marcada.
- ❖ Matorral espinoso con espinas laterales (MAT. ESP.): Alcanza su mayor desarrollo en las zonas áridas casi desérticas del norte, donde cubre vastas extensiones de suelos someros o profundos. Esta formada por agrupaciones de arbustos, generalmente bajos (de 1 a 2 m), de muchas especies, la mayor parte de ellas espinosas y muchas de las mismas con espinas terminales, aunque pueden mezclarse en el matorral mezquites arbustivos, nopales, gobernadora.
- ❖ Selva baja espinosa perennifolia (S.B.E.P.): Selva, a veces casi homogénea, de leguminosas espinosas de hojas persistentes. Se presenta en las vegas de los ríos o en terrenos planos de suelo profundo de zonas semisecas con selvas bajas caducifolias en los cerros y declives, o en áreas de clima francamente árido. La selva de minifoliados de las zonas áridas o subáridas se caracteriza por el predominio del mezquite (*Prosopis laevigata*), constituyendo los llamados mezquiales. Estos tienen gran extensión en México, y son indicadores de mantos profundos de agua.
- ❖ Chaparral (CH): Son agrupaciones densas de encinos bajos acompañados generalmente de especies arbustivas como *Arctostaphylos*, *Cercocarpus*, *Cotoneaster*, etc., y algunas de ellas son de carácter esclerófilo con alturas no mayores a los 2 m. Se encuentran en zonas de contacto de agrupaciones de climas áridos y climas templados no áridos; pinares y encinares. (Hernández , 1985).

1.7 TIPOS DE ANALISIS DE NITROGENO

Para la realización de las mediciones de nitrógeno foliar se han empleado métodos tradicionales, usando técnicas como el MicroKjeldhal, la mejora de estos análisis ha avanzado tanto hasta llegar a la sofisticación de aparatos de medición más precisos y confiables, de este modo usando estos métodos mas refinados de laboratorio es posible

conocer la estructura y composición que conforman la materia. En este caso la espectroscopia de infrarrojo (IR) es empleada para el análisis cuantitativo y cualitativo de compuestos orgánicos esencialmente. El espectro de infrarrojo se encuentra entre las regiones del visible y de las microondas, correspondientes al intervalo de 0.7 a 500 μm o en números de onda de 14,286 a 20 cm^{-1} (Perkin-Elmer). En este sentido la espectroscopia es el estudio de las interacciones entre la energía radiante y la materia. Cuando una muestra absorbe radiación, disminuye el número de fotones que se transmiten a través de la misma, hecho que se manifiesta en un descenso de la intensidad de dicha radiación. Esta disminución de intensidad es precisamente lo que se mide en las determinaciones espectroscópicas. A partir de varios estudios de los espectros de infrarrojo, se han determinado las longitudes de onda de absorción para cada grupo funcional (Fessenden, 1988). Como una variante de la espectroscopia de infrarrojo la técnica de reflectancia difusa ofrece grandes ventajas del análisis en muestras sólidas sobre otras técnicas empleadas, esta técnica no es destructiva, es rápida y confiable para los análisis de multicomponentes. La reflectancia difusa es usada frecuentemente para analizar polvos y superficies ásperas; la radiación que penetra dentro de una muestra, emerge después en un haz de energía, y este mismo es lo que se refleja en el FT-IR apareciendo como un espectro (SPECTRA-TECH, ver.3.0).

II. ANTECEDENTES

Estudios florísticos y fitogeográficos realizados en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán

Dentro de este rubro se pueden mencionar los primeros trabajos realizados por Bravo (1930,1931,1956,1969,1978,1991a,b) quien realizó estudios florístico-ecológicos, basados en la descripción principalmente de cactáceas. Martínez (1948) & Smith (1965 a,b) trabajaron con la "Flora del Valle de Tehuacán" en relación con aspectos arqueológicos. Meyrán (1980) realizó una "Guía botánica de cactáceas y otras suculentas del Valle". Goytia y Granados (1981) contribuyeron con el "Estudio florístico-sinecológico para el Valle de Tehuacan". Villaseñor (1982) realizó un listado de "Flora genérica de las compuestas para el Valle de Tehuacan"; el mismo autor pero en 1991 realizó un "Análisis fitogeográfico de los géneros de la región". Dávila (1983,1991) comenzó una serie de fascículos que versan sobre la "Flora genérica para el Valle de Tehuacán", describe especies e incluye Gimnospermas; el

conocer la estructura y composición que conforman la materia. En este caso la espectroscopia de infrarrojo (IR) es empleada para el análisis cuantitativo y cualitativo de compuestos orgánicos esencialmente. El espectro de infrarrojo se encuentra entre las regiones del visible y de las microondas, correspondientes al intervalo de 0.7 a 500 μm o en números de onda de 14,286 a 20 cm^{-1} (Perkin-Elmer). En este sentido la espectroscopia es el estudio de las interacciones entre la energía radiante y la materia. Cuando una muestra absorbe radiación, disminuye el número de fotones que se transmiten a través de la misma, hecho que se manifiesta en un descenso de la intensidad de dicha radiación. Esta disminución de intensidad es precisamente lo que se mide en las determinaciones espectroscópicas. A partir de varios estudios de los espectros de infrarrojo, se han determinado las longitudes de onda de absorción para cada grupo funcional (Fessenden, 1988). Como una variante de la espectroscopia de infrarrojo la técnica de reflectancia difusa ofrece grandes ventajas del análisis en muestras sólidas sobre otras técnicas empleadas, esta técnica no es destructiva, es rápida y confiable para los análisis de multicomponentes. La reflectancia difusa es usada frecuentemente para analizar polvos y superficies ásperas; la radiación que penetra dentro de una muestra, emerge después en un haz de energía, y este mismo es lo que se refleja en el FT-IR apareciendo como un espectro (SPECTRA-TECH, ver.3.0).

II. ANTECEDENTES

Estudios florísticos y fitogeográficos realizados en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán

Dentro de este rubro se pueden mencionar los primeros trabajos realizados por Bravo (1930,1931,1956,1969,1978,1991a,b) quien realizó estudios florístico-ecológicos, basados en la descripción principalmente de cactáceas. Martínez (1948) & Smith (1965 a,b) trabajaron con la "Flora del Valle de Tehuacán" en relación con aspectos arqueológicos. Meyrán (1980) realizó una "Guía botánica de cactáceas y otras suculentas del Valle". Goytia y Granados (1981) contribuyeron con el "Estudio florístico-sin ecológico para el Valle de Tehuacan". Villaseñor (1982) realizó un listado de "Flora genérica de las compuestas para el Valle de Tehuacan"; el mismo autor pero en 1991 realizó un "Análisis fitogeográfico de los géneros de la región". Dávila (1983,1991) comenzó una serie de fascículos que versan sobre la "Flora genérica para el Valle de Tehuacán", describe especies e incluye Gimnospermas; el

mismo autor Dávila et al. (1993,1998) comenzó a realizar los "Listados florísticos del Valle de Tehuacán-Cuicatlán", donde se incluyen todas las especies encontradas y clasificadas hasta entonces.

Estudios de la vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán

Para los tipos de vegetación se realizaron descripciones estructurales del Valle así Ledezma (1979) describe las comunidades vegetales, incluyendo la región de Zapotitlán, con su trabajo "Ecología de la vegetación en Caltepec y Zapotitlán" contribuye a enriquecer el estudio del autor anterior. Aguilera (1970) realizó un estudio edafológico "Suelos de las zonas áridas de Tehuacán", se habla de los tipos de suelo. Zavala (1980) describió la zona de Zapotitlán, Salinas en: "Estudio ecológico en Zapotitlán de las Salinas", y aplicó algunos índices de diversidad. Cruz Cisneros & Rzedowski (1980) contribuyeron con un trabajo complementario en: "Vegetación del río Tepelmeme". Jaramillo & González (1983) estudiaron más a fondo los tipos de vegetación con su trabajo "Vegetación arbórea en la provincia florística de Tehuacán-Cuicatlán" en este trabajo ya se incluyen aspectos de estructura de vegetación así como el tipo de suelo al que corresponde cada una. García (1991) realizó: "Dinámica del paisaje en la distribución de la vegetación en la Cuenca del río Zapotitlán", donde incluyó aspectos con atributos ecológicos, principalmente diversidad beta. Pérez et al. (1993,1997) colaboró con "Cartografía de la vegetación y uso del suelo del sur del Valle de Tehuacán". Osorio et al. (1996) realizó un trabajo detallado de los diferentes tipos de vegetación caracterizados hasta entonces donde también incluyó aspectos ecológicos (índices de diversidad y riqueza de especies), "Descripción de la vegetación del Valle de Zapotitlán". Valiente-Banuet & Arizmendi (1998) realizaron una "Síntesis de los tipos de vegetación del Valle de Tehuacán". Valiente-Banuet et al. (1998) se enfoca a un tipo de vegetación en: "Comparación de la vegetación esclerófila perennifolia del Valle con la presente en climas de tipo Mediterráneo" Flores-Hernández et al. (1999) en el mismo rubro realizó la "Descripción de la vegetación esclerófila perennifolia del Valle de Tehuacán". Barrón (1998) continúa con un "Análisis de la vegetación esclerófila del Valle de Tehuacán-Cuicatlán,Pue. y su relación con la del Mediterráneo". Las referencias anteriores se encuentran en: Valiente-Banuet, L. et al. (En prensa). Finalmente Oliveros (2000) realizó una "Descripción estructural de las terrazas aluviales del Valle de Zapotitlán", aplicando atributos ecológicos y por primera vez se incluye un análisis de sexos en flores.

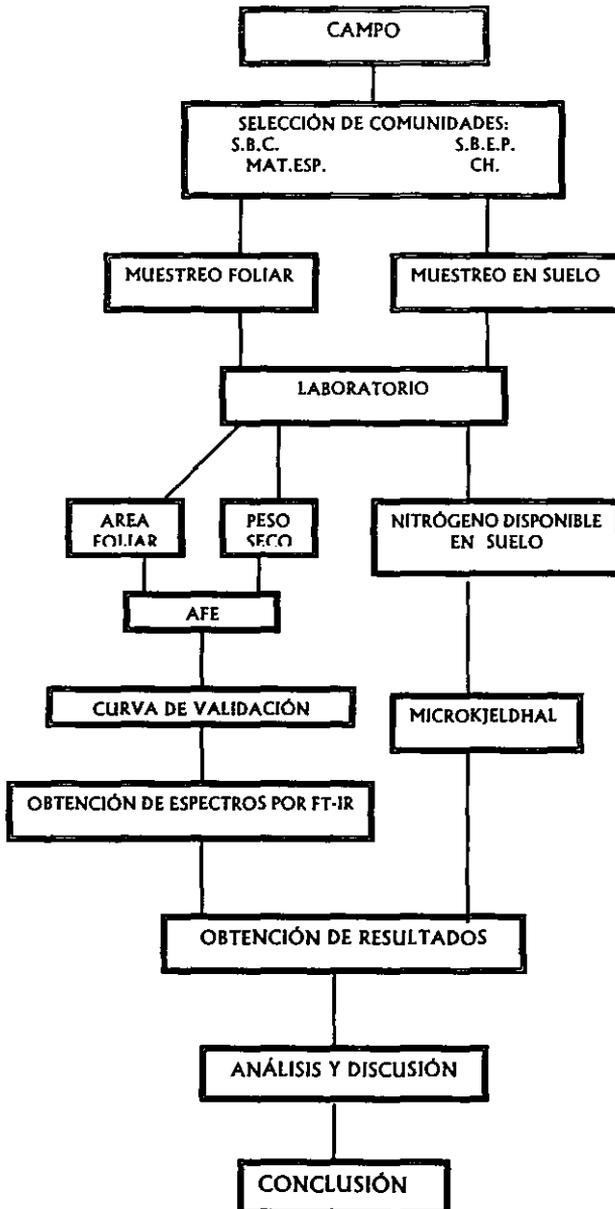
No existen datos reportados para el nitrógeno foliar en el Valle de Tehuacán, sin embargo se encontraron datos registrados para otros lugares: Peace & Macdonald (1981), analizan el nitrógeno foliar para comunidades de bosques tropicales lluviosos y matorrales en Sarawak. Rundel (1988a) analiza el nitrógeno foliar entre matorrales de clima Mediterráneo comparando con comunidades de California y Chile. Y recientemente Killingbeck & Withford (1996) compilan datos bibliográficos de los porcentajes de nitrógeno foliar en diferentes comunidades de zonas desérticas alrededor del mundo.

III. OBJETIVOS

De acuerdo al planteamiento sobre la constancia de los contenidos de nitrógeno foliar en comunidades del desierto y enfocándose en las características físicas y biológicas presentes en el Valle de Tehuacan, Pue., Méx. se han planteado los siguientes objetivos:

- I. Cuantificar el contenido de nitrógeno foliar en cuatro comunidades vegetales Selva baja caducifolia, Selva baja espinosa perennifolia, Matorral espinoso con espinas laterales y Chaparral, en el Valle de Tehuacán, Puebla, México.
- II. Determinar si las concentraciones de nitrógeno foliar varían significativamente para las cuatro comunidades.
- III. Determinar si existe una relación entre el nitrógeno foliar y los parámetros de nitrógeno en suelo y el índice de área foliar específica para las cuatro comunidades.

IV. DISEÑO EXPERIMENTAL



V. AREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra ubicada en lo que se conoce como la Provincia Florística de Tehuacán-Cuicatlán (Figura 1), (Rzedowski, 1978) dentro de las coordenadas 17° 48' y 18° 58' de latitud Norte y los 97° 03' y 97° 43' de longitud Oeste (Figura 1). Esta provincia es la región árida y semiárida más meridional de México (Rzedowski, 1978). El clima asignado siguiendo la clasificación de Köppen modificada por García (1988), corresponde a $BS_0hw''(w)(e)g$, que es un clima seco con un régimen de lluvias de verano, con dos máximos de lluvias separados por dos estaciones secas con una precipitación promedio anual de 479.6 mm y una altitud alrededor de los 1500 msnm, mientras que la temperatura media anual oscila entre los 18 y 22 °C (Jaramillo & González, 1983). Las condiciones áridas del Valle se deben principalmente al efecto de sombra orográfica que producen las Sierras Negra, de Zongolica y la Sierra Madre Oriental (INEGI, 1987).

Existe una gran diversidad de afloramientos geológicos y tipos de suelo en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, estos son: someros, pedregosos, halomórficos con diferentes estados de salinidad, entre los cuales encontramos: Litosoles, Cambisoles cálcicos y Xerosoles cálcicos derivados de evaporitas del Cretácico Inferior y Medio, comprendiendo las formaciones Zapotitlán, Miahuatepec, San Juan Raya y Cipiapa (Dávila, et al., 1993). El Valle está irrigado por el cauce efímero del río Zapotitlán que es tributario del río El Salado que riega el Valle de Tehuacán. Ambos ríos forman parte de la cuenca alta del Papaloapan (Zavala, 1982).

Los tipos de vegetación siguiendo la clasificación de Miranda y Hernández X., 1963 son los siguientes:

- Selva Baja Caducifolia (S.B.C.): este tipo de vegetación se localiza en la cima alta del Cerro Cutác con 18° 20' de latitud Norte y 97° 27' de longitud Oeste, a una altitud de 1700 msnm. Es un macizo montañoso de edad Cretácica, dentro del Valle de Zapotitlán; caracterizándose por el predominio de familias *Caesalpinaceae*, *Fabaceae*, *Mimosaceae*, con una altura no mayor a los 10 m; como especies representativas se encuentran: *Mimosa lacerata*, *M. luisana*, *Prosopis laevigata*, *Senna holwayana*, *Zapoteca formosa*, *Acacia sericea*, *A. coulteri*, *Ipomoea arborescens* y *Caesalpinia melanadenia*, además de: *Fouquieria formosa*, *Bursera biflora* y *Ceiba parviflora*. También se encuentran algunos agaves y cactus, así como muy pocos pastos y herbáceas. Figura 2.

•⬇️ Matorral espinoso con espinas laterales (MAT.ESP.): este tipo de vegetación se encuentra principalmente en cimas planas de los cerros alrededor de los 1500 msnm, para este estudio el muestreo fue en el cerro "El mirador"; siendo las Caesalpinaceae y Mimosaceae los grupos dominantes. Entre las especies más importantes podemos encontrar a: *Mimosa luisana*, *Cordia curassavica*, *Caesalpinia melanadenia*, *Bursera aloexylon*, *Bursera schlechtendalii*, *Fouquieria formosa* e *Ipomoea arborescens* conformando un matorral no mayor a los 2 m de altura. También se presentan diversas plantas suculentas y algunos elementos rosetófilos. Figura 2.

•⬇️ Selva Baja Espinosa Perennifolia (S.B.E.P.): esta vegetación se localiza en los límites de los suelos aluviales profundos y a lo largo del río Salado; con una altitud de entre 1 380 y 1 700 msnm, con una altura aproximada de 2 m, y se caracteriza por el predominio del *Prosopis laevigata*, constituyendo los llamados "mezquiales" desarrollándose en suelos aluviales profundos. El estrato arbustivo está representado por: *Celtis pallida*, *Castela tortuosa*, *Maytenus phyllantoides* y *Cercidium praecox*, así como por algunas cactáceas y herbáceas, además de una gran variedad de pastos, (Osorio, 1996). Figura 2.

•⬇️ Chaparral (CH): este tipo de vegetación se localiza en el Cerro Zotoltepec a los 18° 36' latitud norte y 97° 27' longitud Oeste, esta zona se encuentra dentro de la cañada Morelos, Estado de Puebla, Méx. el cual se ubica dentro del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Figura 1), que se localiza en la parte sureste del estado de Puebla y Noroeste de Oaxaca. Los suelos que se encuentran en el área de estudio están constituidos por una asociación en la que el suelo predominante corresponde a la categoría de Litosoles y el secundario a la Rendzina, aunque en algunos lugares se considera el suelo dominante y el Litosol asociado a un Feozem háplico se considera secundario. En ambos casos se encuentra una capa de caliche a menos de 50 cm. de profundidad. Es un macizo montañoso de roca caliza del Cretácico inferior (INEGI, 1987). El cerro se encuentra a 2 320 msnm, con una temperatura media anual de 14.6 °C y una precipitación anual de 715.85 mm. (Valiente-Banuet, 1991), lo que hace que en la zona de estudio el clima sea más templado y húmedo que en el resto del Valle. La vegetación es un matorral esclerófilo perennifolio o chaparral que se desarrolla en suelos poco profundos con gran cantidad de materia orgánica, la altura máxima aproximada es de 4.5 m. Dominan especies como *Quercus sebifera*,

Garrya ovata, *Salvia candicans*, *Dodonaea viscosa*, *Citharexylum oleinum* y *Rhus virens*.
 Con hojas que presentan modificaciones en tallos con lignotuberculos. A partir de los
 2 500 msnm predominan encinares y pinares. Figura 1.

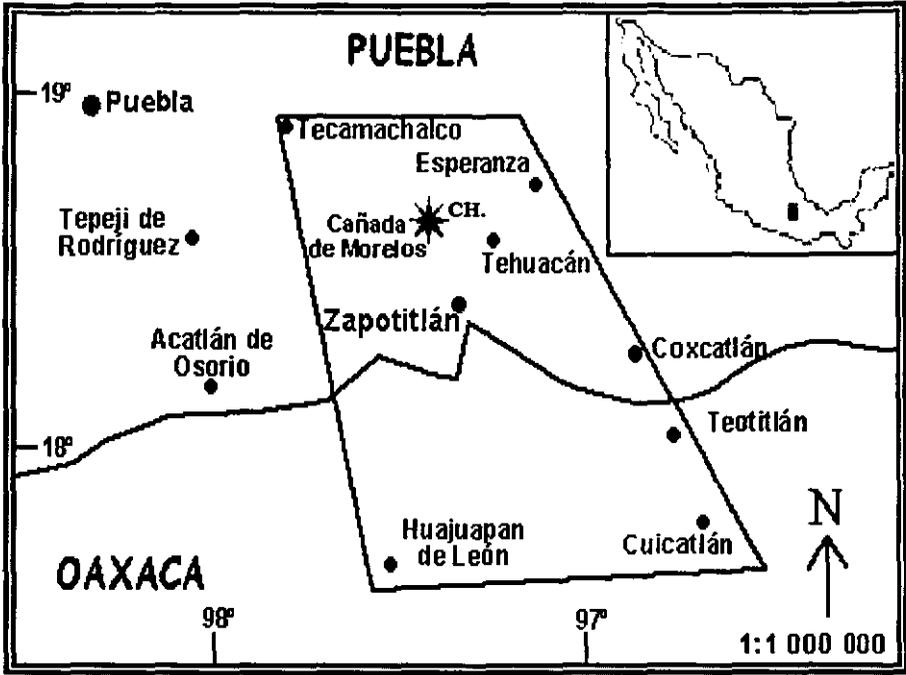


Figura 1. Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla, México. Se muestra la cañada de Morelos donde se localiza la comunidad de Chaparral (CH.).

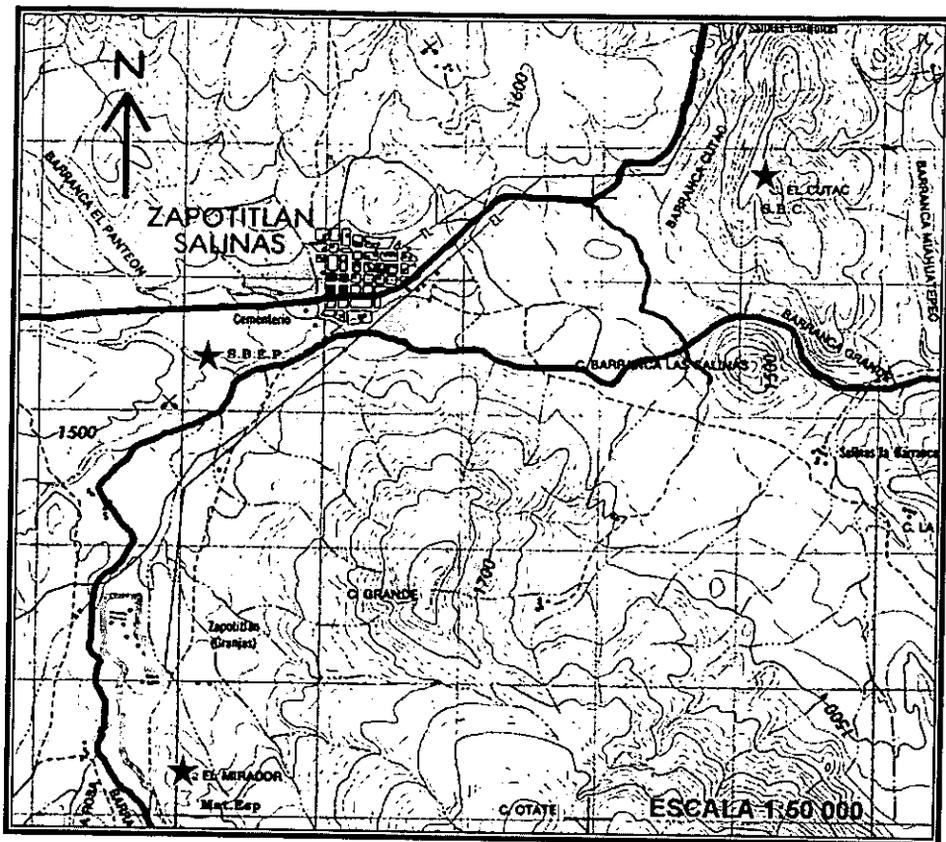


Figura 2. Valle de Zapotitlán Salinas Puebla. Se muestran las comunidades de: Selva baja caducifolia en el cerro "Cutác" (S.B.C.), Selva baja espinosa perennifolia (S.B.E.P.) y Matorral espinoso con espinas laterales en el cerro "El mirador" (MAT.ESP.). ★

VI. MÉTODOS

6.1 CAMPO:

Elección de los sitios de muestreo: se realizaron salidas en los meses de febrero a noviembre de 1998 con el propósito de localizar las cuatro comunidades vegetales y al mismo tiempo para verificar el tiempo de abundancia de las hojas verdes (maduras) colectando los ejemplares foliares finales de árboles y arbustos en los meses de septiembre y noviembre, época después de lluvias, eligiendo aleatoriamente el mayor número de especies, con al menos 5 individuos para cuatro comunidades: Selva baja caducifolia (S.B.C.), Matorral espinoso con espinas laterales (MAT.ESP.), Selva baja espinosa perennifolia (S.B.E.P.) y Chaparral (CH). Las colectas fueron transportadas al laboratorio en bolsas de papel.

Las colectas de suelo fueron realizadas al mismo tiempo que las foliares, la toma de suelo se hizo de manera superficial, a una profundidad de 0 a 20 cm, tomando muestras de acuerdo a la cobertura vegetal, eligiendo zonas de mayor a menor cobertura, éstas muestras se metieron en bolsas de polietileno para su transporte al laboratorio.

6.2 LABORATORIO:

ANÁLISIS: 6.2.1 Datos edafológicos

Las muestras de suelo en el laboratorio se tamizaron con una apertura de 100 μ y posteriormente se cuantificó el nitrógeno proteínico total usando el método de Micro-Kjeldhal (González, 1984).

ANÁLISIS: 6.2.2 Datos morfológicos

1.1 Área foliar: las mediciones foliares de las especies para las 4 comunidades se tomaron con un medidor portátil marca LICOR 3000 A.

1.2 Peso seco: las muestras se secaron en una estufa a 60 °C durante 24 hrs.; posteriormente fueron pesadas en una balanza analítica.

De las características foliares se estima que según la clasificación de Raunkiaer (1934) para describir superficies foliares, éstas deben ser entre 2.25 y 20.25 cm²

pertenecientes a hojas micrófilas y mesófilas por encontrarse en un ambiente xerófito, No sobrepasando los 100 cm².

La distribución del peso de asimilados o energía en varios órganos puede expresarse bajo ciertos índices, como por ejemplo el Área Foliar Específica o AFE. Este resulta del cociente del área foliar/peso seco; es un índice del costo energético o material para la formación de una superficie foliar. Es típica su disminución en el curso del crecimiento de las plantas. Las esclerófitas y suculentas tienen un índice de Área Foliar Específica menor que las higrófitas o mesófitas (Medina, 1977). Para la obtención de este índice las hojas fueron maceradas en un mortero de porcelana y tamizadas con una apertura de <100 μ cada muestra se colocó en bolsas de papel y fueron etiquetadas para su posterior medición en el FT-IR.

ANÁLISIS: 6.2.3 Datos espectrales

Se emplearon 24 muestras para la calibración del espectrofotómetro las cuales se analizaron por el método de Micro-Kjeldhal para la obtención del nitrógeno proteínico total usando el factor de conversión para muestras vegetales de 5.7 (González, 1984), posteriormente los espectros fueron obtenidos en un rango de 7800 a 600 cm⁻¹ con una resolución de 4 cm⁻¹ y 16 barridos.

Referencia del espectrofotómetro: los datos de los espectros fueron obtenidos por un espectrofotómetro de infrarrojos por transformadas de Fourier (FT-IR Perkin-Elmer SPECTRUM 2000) y el software empleado fue el QUANT. Los espectros de reflectancia para el FT-IR fueron obtenidos con el accesorio de reflectancia difusa (DIR) empleando macrocopas con una capacidad de 0.250 g.

Curva de validación: para la predicción de nitrógeno proteínico se obtuvieron los espectros en el rango de infrarrojo medio (de 7800 a 600 cm⁻¹) empleando el software QUANT usando algoritmos de mínimos cuadrados parciales (MCP = PLS 1). Este algoritmo nos permite tomar la información como puntos de los espectros, los cuales pueden ser tratados matemáticamente de ahí que se realice una normalización (Pathleng) en el espectro, así mismo se llevó a cabo una suavización del espectro a 19 puntos.

Corrección de la línea de base del espectro: se realizó sacando la derivada de segundo orden con una amplitud de 13 puntos (Orman and Schuman, 1991; Kays, Whidham & Barton, 1996).

A partir de ello se obtuvo una varianza del 99.90% con un error estándar estimado (SEE) de 0.03394, un error estándar de la predicción (SEP) de 0.06573 y una media estimada de 3.30. Una vez realizada la calibración se continuó la medición de las siguientes muestras foliares para obtener sus contenidos de nitrógeno en las cuatro comunidades vegetales.

Una vez obtenidos los datos del contenido de nitrógeno foliar se utilizó la prueba estadística de *t*, la cual permitió confirmar si los datos obtenidos diferían o no del 2.2% N para cada comunidad, posteriormente se realizó una ANOVA para comparar si las diferencias de los datos entre las comunidades eran significativas (Guajarati, 1981). Los análisis de nitrógeno foliar se realizaron en el laboratorio de Biogeoquímica y de Ecología de la Unidad de Biotecnología y Prototipos (UBIPRO), ENEP Iztacala, UNAM.

VII. RESULTADOS

De la colecta realizada se identificaron un total de 86 especies que corresponden a 58 familias, se encuentran distribuidas de la siguiente manera: la Selva baja caducifolia cuenta con 23 especies, Matorral espinoso con espinas laterales 24 especies, Selva baja espinosa perennifolia 21 especies y Chaparral con 18 especies. De las cuales 12 especies son compartidas entre tres comunidades, Selva baja caducifolia, Selva baja espinosa perennifolia y Matorral espinoso con espinas laterales. El resto de las especies (75) son distintas para las cuatro comunidades. De las familias analizadas 50 son diferentes para las cuatro comunidades y 8 son compartidas. El listado florístico de las especies colectadas en las cuatro comunidades se encuentra en el apéndice I.

Las mediciones de peso seco (gr^{-1}) y área foliar (cm^2) para cada una de las especies de las cuatro comunidades (SBC, SBEP, MAT.ESP. y CH.), se utilizaron para calcular el AFE ($\text{cm}^2.\text{gr}^{-1}$) que se muestra en el apéndice II, así como los contenidos de nitrógeno foliar de las 86 especies analizadas.

7.1 ANÁLISIS VEGETAL I

En el Cuadro 1 se presentan los valores de nitrógeno foliar para las cuatro comunidades Selva baja caducifolia, Matorral espinoso con espinas laterales, Selva baja espinosa perennifolia y Chaparral; se observan también el promedio de las cuatro comunidades con 3.4 %N, así como el número de especies analizadas que fueron un total de 86.

CUADRO 1 VALORES DE NITRÓGENO FOLIAR

EN LAS CUATRO COMUNIDADES.

TIPO DE VEGETACIÓN	Nº. DE ESPECIES	% NITRÓGENO
S.B. C.	23	3.4 ± 0.14
MAT. ESP.	24	3.4 ± 0.43
S.B.E.P.	21	3.4 ± 0.14
CH.	18	3.1 ± 0.12
4 COMUNIDADES	86 ESPECIES	PROMEDIO: 3.4 ± 0.28 % N

El cuadro 2 representa las medias obtenidas para las cuatro comunidades vegetales, donde la prueba de t dice que los valores de nitrógeno foliar para las cuatro comunidades son significativamente mayores al 2.2%. Para la Selva baja caducifolia se observa que la media fue de 3.4 ± 0.14 ($p < 0.001$), para el Matorral espinoso con espinas laterales fue de 3.4 ± 0.43 ($p < 0.001$), para la Selva baja espinosa perennifolia 3.4 ± 0.14 ($p < 0.001$) y finalmente para la comunidad de Chaparral fue de 3.1 ± 0.12 ($p < 0.001$).

Para la prueba de ANOVA se obtuvo una F de 7.978 ($p < 0.001$), donde para cada comunidad dio un valor de 1.126 (gl 3) y entre las cuatro comunidades con un valor de 3.906 (gl. 83). Realizando una prueba de múltiples comparaciones, por el método de Dunnett se detectaron diferencias significativas entre la comunidad de Chaparral y el resto de las comunidades. El Chaparral es la que menos nitrógeno foliar posee. La diferencia entre las medias es significativa al nivel de 0.05

CUADRO 2 PRUEBA DE t

S.B.C.	S.B.E.P.	MAT.ESP.	CH.
3.4 ± 0.14	3.4 ± 0.14	3.4 ± 0.43	3.1 ± 0.12

Los valores para las cuatro comunidades son significativamente mayores al 2.2 %N. con una significancia de $P < 0.001$.

TABLA DE ANOVA

FUENTE DE VARIACIÓN	SC	g.l.	CM	VALOR DE F
INTER-GRUPOS	1.126	3	0.375	7.978*
INTRA-GRUPOS	3.906	83	4.706E-02	
TOTAL	5.033	86		

* Nivel de significancia 0.001

En el Cuadro 3 se observan las especies analizadas que se encuentran en las cuatro comunidades vegetales con sus respectivas concentraciones de nitrógeno foliar, donde lo importante es hacer notar cuales son las especies que se encuentran constantes entre las comunidades y los valores para cada una. En términos generales se puede ver que no hay una variación muy grande entre los valores de las especies que se comparten entre las comunidades, excepto por el valor de 4.5 % así como el valor de 2.4 % que sólo se encuentran en el Matorral espinoso con espinas laterales, sin embargo recordando que en el presente trabajo se analizó el contenido de nitrógeno foliar por comunidad, este dato no es entonces de mayor trascendencia para el promedio final de la comunidad.

En el mismo Cuadro 3 se puede observar que las especies que se encuentran constantes entre las comunidades de Selva baja caducifolia, Selva baja espinosa perennifolia y Matorral espinoso con espinas terminales y ninguna presente para el Chaparral, esto es, aunque las cuatro comunidades se encuentran dentro del Valle de Tehuacán-Cuicatán, zona semiárida, hay que recordar que las tres primeras se localizan en el Valle de Zapotitlán Salinas que es un ambiente más árido y seco (con menor humedad y una precipitación anual más escasa) en comparación con el Chaparral el cual se encuentra a una cota altitudinal más alta (en la Cañada Morelos), lo que propicia que el ambiente sea más húmedo en comparación con el Valle de Zapotitlán, lo cual no permite que se establezcan las mismas especies.

CUADRO 3

ESPECIES CONSTANTES EN LAS COMUNIDADES VEGETALES Y SUS CONTENIDOS DE NITRÓGENO FOLIAR PARA CADA UNA.

TAXA	S.B.C.	MAT.ESP.	S.B.E.P.
<i>Caesalpinia melanadenia</i>	3.4	3.4	3.6
<i>Celtis pallida</i>	3.3	4.5	3.4
<i>Cercidium praecox</i>	3.5	3.5	3.6
<i>Cordia curassavica</i>	--	3.1	3.4
<i>Echinopterys eglandulosa</i>	--	3.8	3.5
<i>Ipomea arborescens</i>	3.4	2.4	3.6
<i>Justicia mexicana</i>	--	3.2	3.3
<i>Lantana camara</i>	3.5	3.3	3.4
<i>Mascagnia parvifolia</i>	3.0	3.0	--
<i>Mimosa luisana</i>	--	3.6	3.3
<i>Prosopis laevigata</i>	3.4	3.5	3.6
<i>Senna galeottiana</i>	3.4	--	3.3

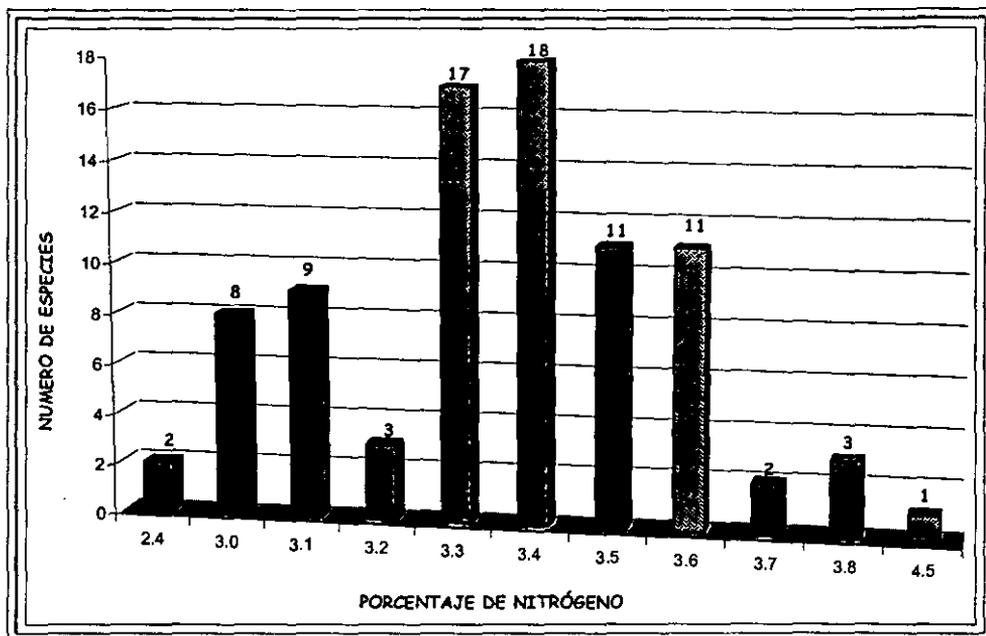
La Gráfica 1 denota la frecuencia con que se repite un valor de la concentración de nitrógeno foliar. El valor de 3.4 % fue representado en 3 comunidades (Matorral espinoso con espinas laterales, Selva baja caducifolia y Selva baja espinosa perennifolia), con las familias Burseraceae, Simaroubaceae, Bombacaceae, Ulmaceae, Boraginaceae, Convolvulaceae, Euphorbiaceae y Anacardiaceae todas ellas con 1 especie, Casealpinaceae (4 especies), Verbenaceae y Mimosaceae (2 especies), con una frecuencia de 18 especies. El valor de 3.3 % fue constante en las cuatro comunidades (Selva baja caducifolia, Matorral espinoso con espinas laterales, Selva baja espinosa perennifolia y Chaparral), donde fueron representadas por las siguientes familias: Rubiaceae, Verbenaceae y Asteraceae (con 2 especies). Las familias Fagaceae, Fabaceae, Burseraceae, Ulmaceae, Euphorbiaceae, Sapindaceae, Acanthaceae, Celastraceae, Mimosaceae, Apocynaceae y Caesalpinaceae únicamente con 1 una especie, con una frecuencia de 17 especies.

Mientras que el valor más alto registrado solo se encontró en una sola especie *Celtis pallida* con 4.5 % y pertenece a la familia Ulmaceae. Finalmente los valores más bajos que se

reportan son de *Ipomoea arborescens* (Convolvulaceae) y *Bursera aptera* (Burseraceae) ambas del Matorral espinoso con espinas laterales con 2.4% N foliar.

GRÁFICA 1

FRECUENCIA DE ESPECIES EN LAS CUATRO COMUNIDADES..



7.2 ANÁLISIS EN SUELO

El Cuadro 4 muestra las concentraciones de nitrógeno foliar y de suelo en promedio para cada comunidad, en el último renglón aparecen los criterios de las categorías del suelo según S.A.R.H., 1970, de acuerdo a las técnicas edafológicas.

Se observa en el cuadro que el valor promedio de nitrógeno foliar fue igual en tres comunidades vegetales (S.B.C., Mat.Esp., S.B.E.P.) con 3.4 % y solamente difiere en la comunidad de CH. mostrando un valor de 3.1 %.

No obstante, las comunidades de S.B.C y S.B.E.P. dieron valores medios del contenido de nitrógeno en suelo, el MAT.ESP. resultó ser de la categoría medianamente rico mientras que el CH. fué el que cayó en la categoría más alta.

Es importante hacer notar que la comunidad CH., registró el valor más bajo en cuanto a nitrógeno foliar se refiere y su contenido de nitrógeno en suelo fue el mas alto.

CUADRO 4 CONTENIDOS DE NITRÓGENO VEGETAL Y EDAFOLÓGICO.

CONTENIDO DE NITRÓGENO	S.B.C.	Mat.Esp.	S.B.E.P.	CH.
FOLIAR (%)	3.4	3.4	3.4	3.1
SUELO (%)	0.050 ± 0.33	0.137 ± 0.028	0.112 ± 0	0.456 ± 0.204
CATEGORIAS DE SUELO	MEDIO 0.046 - 0.126	MEDIANAMENTE RICO 0.127 - 0.158	MEDIO 0.046 - 0.126	EXTREMADAMENTE RICO > 0.221

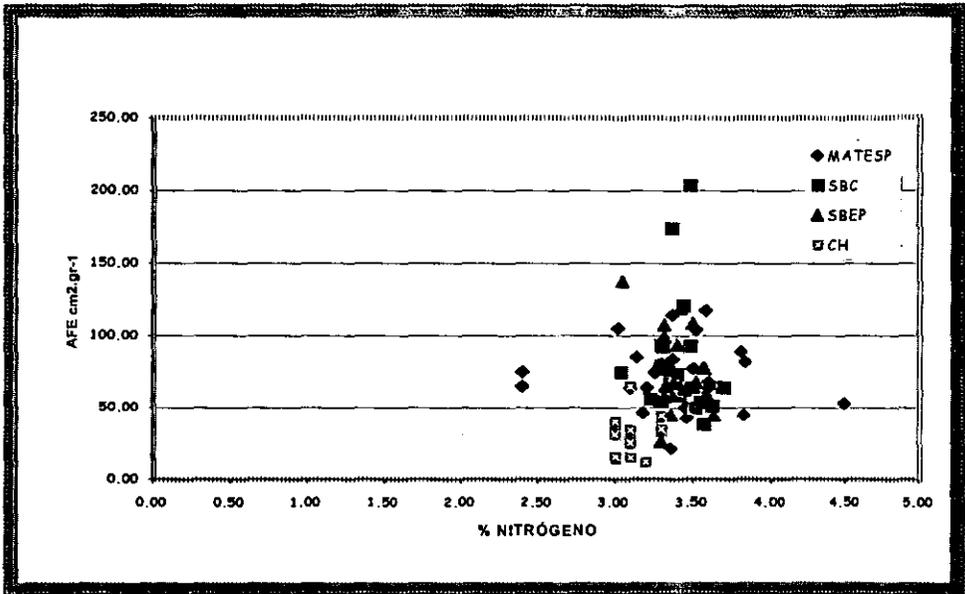
Los criterios/categorías del %N en suelo están basados en las técnicas edafológicas, tomadas del S.A.R.H., 1970.

7.3 ANÁLISIS VEGETAL II

La Gráfica 2 muestra los valores del coeficiente AFE (índice del área foliar específico) y la relación existente entre éste y el contenido de nitrógeno foliar, en ella se puede observar que al aumentar los contenidos de nitrógeno foliar el AFE se mantiene en un tamaño no mayor a 100 cm². Se habla de una ausencia de correlación, es decir si los contenidos de nitrógeno son altos entonces el AFE no tiende a aumentar como llega a ocurrir en hojas de manglar. Hay dos casos extremos para dos comunidades, el primero de ellos se encuentra en la comunidad de S.B.C. donde hay una especie con AFE de 203 cm².gr⁻¹ y una concentración de nitrógeno de 3.5 %; la otra comunidad es el MAT. ESP. con una especie que tiene un AFE de 53.3 cm².gr⁻¹ y un total de nitrógeno de 4.5 %. Para ambos casos se observa claramente la ausencia de dicha correlación es decir, mientras en la S.B.C. el AFE aumenta su contenido de nitrógeno baja, sucediendo lo inverso en la comunidad de MAT.ESP. donde al aumentar el valor de nitrógeno entonces disminuye el

AFE. Se observa que los valores de tamaños efectivamente corresponden a los de hojas micrófilas y mesófilas, propias de una zona semiárida. Mientras que la mayoría de los datos caen en un rango de 3 a 3.5 %.

GRAFICA 2 CORELACIÓN ENTRE EL ÁREA FOLIAR ESPECÍFICA (AFE) Y EL % NITRÓGENO FOLIAR



El cuadro 5a muestra los promedios obtenidos para las cuatro comunidades vegetales, observando que la comunidad de Chaparral es la que menor contenido de nitrógeno foliar presenta con respecto a las otras tres comunidades y lo mismo sucede con su AFE, lo cual se explica por que esta comunidad es más mészica con respecto a las otras. Sin embargo los promedios del AFE indican que se trata de hojas menores a los 100 cm².

CUADRO 5a

PROMEDIOS DE NITRÓGENO FOLIAR E ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR ESPECÍFICA PARA
LAS CUATRO COMUNIDADES

PARÁMETROS	S.B.C.	MAT.ESP.	S.B.E.P.	CH.
% N	3.4 ± 0.15	3.4 ± 0.43	3.4 ± 0.14	3.1 ± 0.12
AFE	78.6 ± 38.41	71.54 ± 23.52	77.49 ± 26.79	30.61 ± 13.58

El Cuadro 5b muestra los valores obtenidos de nitrógeno foliar y área foliar específica (AFE) en total para las 86 especies analizadas, así como el total de individuos analizados para el Valle de Tehuacán, Pue. Méx., se observa también el valor más alto y más bajo obtenido para cada uno de los parámetros antes mencionados. El promedio obtenido de las cuatro comunidades vegetales en el Valle de Tehuacán es alto, y el AFE es propio de un ambiente semi-árido.

CUADRO 5b

PROMEDIOS DE NITRÓGENO FOLIAR E ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR ESPECÍFICA DE LAS
CUATRO COMUNIDADES VEGETALES

PARÁMETROS	PROMEDIO	INDIVIDUOS	ESPECIES	VALOR MÍNIMO.	VALOR MÁXIMO
% N	3.4 ± 0.28	288	86	2.4	4.5
AFE	66.45 ± 33.25	5,714	86	11.87	203.33

VIII. DISCUSIÓN

El presente trabajo muestra que los niveles de nitrógeno foliar obtenidos, es el reflejo de la capacidad plástica que tienen las especies, para adaptarse a condiciones climáticas y edáficas extremas, y de las estrategias que desarrollan para sobrevivir a este tipo de ambientes. Para este caso se observa claramente la existencia de hojas perennes en la comunidad de Chaparral, donde las plantas asimilan lentamente el nitrógeno mientras que para las otras tres comunidades es notable el aumento en los contenidos de nitrógeno foliar por estar compuestas en su mayoría por hojas caducifolias (Selva baja caducifolia, Selva baja espinosa perennifolia y Matorral espinoso con espinas laterales).

Los niveles de nitrógeno foliar en las comunidades estudiadas demostraron ser altos, sugiriendo que las zonas áridas no son zonas pobres, al menos en este nutriente. Los datos que resultaron de este estudio, son una muestra de cómo influyen los factores bióticos y abióticos así como de las interacciones que se dan entre éstos y las plantas dando como resultado los comportamientos que se observan a nivel ecofisiológico en cuatro comunidades vegetales del Valle de Tehuacán, Puebla, México.

Algunas de las diferencias en la concentración de componentes están relacionados de acuerdo a los factores específicos del sitio (temperatura, agua y luz). Esto puede marcar notables diferencias aun cuando se comparen sitios con clima, geología y topografía similar en sitios distintos (Groves, 1981; Rundel, 1981; Shaver, 1981; Díaz-Raviña et al., 1993; Vitousek, 1994).

Así como la microflora tiene su importancia para la absorción de nutrientes, el tamaño y tiempo de vida de las hojas juegan un papel importante en la asimilación de dichos nutrientes, de esta manera el que tengan un tamaño pequeño les brinda la oportunidad de aprovechar mejor los nutrientes que hay en el lugar, evitando grandes gastos energéticos. La cantidad de nitrógeno foliar es el resultado de la disponibilidad del mismo en suelo, así como el tipo de vida de las hojas; sean éstas perennes ó caducifolias, lo cual les permite asimilar sus recursos a lo largo del año (Rundel, 1988b, Schlesinger & Chabot, 1977; Chapin, 1980).

Las altas cantidades de nitrógeno en suelo son el resultado de una eficiencia asimilatoria por la microflora que se hace presente, tomando en cuenta que el análisis se realizó de manera superficial y que es precisamente donde se encuentra acumulada en mayor proporción la materia orgánica "litter", de ahí que las asociaciones simbióticas tienen un papel de gran importancia formando nódulos en las raíces de las plantas que permiten la fijación de nutrientes (Specht & Moll, 1983, Zavala, 1980).

Para el Valle de Tehuacán se han realizado estudios de las asociaciones simbióticas en plantas (com.pers. Rodríguez, S. Lab. Microbiología, UBIPRO ENEP Iztacala, UNAM), encontrando una alta abundancia de microorganismos fijadores del nitrógeno (bacterias) y por tanto hay un aporte mayor de este a las especies, de tal manera que así se enriquece la comunidad.

Por lo que respecta a la comunidad de Chaparral, ésta presentó los valores más elevados de nitrógeno en suelo, no correspondiendo al porcentaje foliar, que dentro de las cuatro comunidades estudiadas fue el más bajo. Por otro lado, las comunidades de Selva baja caducifolia, Selva baja espinosa perennifolia y Matorral espinoso, dieron valores medios del contenido de nitrógeno en suelo y sus valores de nitrógeno foliar fueron mayores en comparación al Chaparral; lo anterior se atribuye al hecho de que en su mayoría son plantas perennes que van asimilando la cantidad disponible de nitrógeno en el suelo poco a poco durante el año, ya que el recurso siempre está presente; mientras que para las otras tres comunidades, los valores de nitrógeno en suelo oscilaron entre medio y medianamente-rico, pero con un porcentaje de nitrógeno foliar mayor; esto es, por que a la inversa del Chaparral, estas tres comunidades en su mayoría son caducifolias y por tanto tienen que aprovechar rápidamente los nutrientes en su etapa de crecimiento, alternando en las diferentes estaciones del año su gasto energético que se ve reflejado en etapas de floración únicamente y posteriormente brotan los frutos, finalizando con una época donde solo hay follaje (Rundel, 1982; Barrón, 1998).

Trabajos realizados para el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Pue., Méx. a nivel de edafología (com.pers. López, F. Lab.Edafología, UBIPRO, ENEP Iztacala, UNAM)) muestran que el suelo presente es favorable para una absorción de nutrientes. La constitución de este

tipo de suelos propicia el establecimiento de especies tolerantes a suelos salinos, a su vez presentando un pH alcalino favorece a la vegetación para que desarrollen raíces profundas para poder sobrevivir a climas cálidos, éstas para no saturarse de sales son lavadas con el agua que es filtrada por el suelo. Adicionalmente, las altas cantidades de carbonato de calcio no es un factor que afecte el establecimiento de comunidades, sucediendo lo contrario, pues se ven favorecidas ciertas especies resistiendo a este tipo de suelos y a su vez disminuyendo la competencia entre éstas. Una propiedad adicional que ofrecen estos suelos, es que suelen ser muy fértiles. Así mismo, puede originarse una alta capacidad de intercambio catiónico lo que propicia un aumento en el pH. Estos suelos se enriquecen por la depresión de terrenos, el acarreo del viento y lixiviación; la irradiación del suelo, así como la presencia de carbonatos, donde todos estos en conjunto son importantes en los flujos de entrada y salida del calor (Grubb, 1977; Buol et al., 1981; Donahue, 1981; Wild, 1992;).

El ciclo de los nutrientes es complejo, al existir las interacciones bióticas entre microorganismos, asociaciones de hormigas que viven en las raíces, así como el constante ramoneo de las plantas por animales en el sistema suelo-planta (Medina, 1977; West, 1981; Larigauderie et al., 1988). Es muy importante la presencia de la microflora ya que esta es la encargada de la fijación de nitrógeno atmosférico que la planta no puede tomar directamente; con la capacidad que ofrecen las asociaciones simbióticas se hace posible un eficiente uso de nutrientes. Estos microorganismos llegan a desaparecer muchas veces a consecuencia de fuegos recurrentes llegando a recuperarse aproximadamente después de 20 años, como consecuencia desapareciendo casi por completo el sistema establecido y con ello la pérdida de nutrientes, en especial el nitrógeno.

Para las comunidades estudiadas (Selva baja caducifolia, Selva baja espinosa perennifolia, Matorral espinoso con espinas laterales y Chaparral) en el Valle de Tehuacán Pue.,Méx., es importante hacer notar que el factor fuego no se ha hecho presente en los últimos años y con ello se ha enriquecido significativamente su microflora resultando suelos ricos en nutrientes en comparación con otros ambientes (Flores, 1996).

En el estudio realizado por Killingbeck y Whitford (1996) las medias de nitrógeno foliar proporcionadas fueron organizadas por comunidades dando valores entre 2.0% y 2.3%; no obstante se hacen presentes especies que llegan a promediar hasta un 4.8%. En

relación a dos desiertos del territorio mexicano, ubicados en regiones de Chihuahua y Sonora, dan una media de 2.4% (en siete especies) y 2.8% (para dos especies) respectivamente, donde los promedios indican que son valores mayores al 2.2%. Observando que se analizaron pocas especies por desierto, donde ecológicamente se entiende que una comunidad está compuesta por un número mayor de especies, posiblemente sean estas las más representativas para cada una, no obstante son muy pocos los valores a considerar en un desierto compuesto por una gran variedad de comunidades.

Por los resultados obtenidos y los encontrados en bibliografía (Killingbeck & Withford op.cit.) se puede afirmar que existe la posibilidad de encontrar niveles de nitrógeno foliar altos para plantas de zonas áridas, logrando alcanzar hasta un 3 o 4 % (Skujins, 1981; Rodin & Basilevich, 1965 (cit.in West, 1981); Filip et al., 1995), por lo cual las zonas de desierto a pesar de ser conocidas como oligotróficas, son fuertemente ricas al menos en este nutriente.

Finalmente concluyen Killingbeck & Withford (op.cit) que se trata de una "heterogeneidad espacial y temporal común para ecosistemas desérticos" y que los factores estacionales no contribuyen al aumento de nitrógeno a pesar de que las tasas de mineralización se incrementan en la época de lluvias, estableciendo que este factor no provoca cambios en el uso de nutrientes, fundamentándose en una constancia adaptativa de los genotipos para especies que crecen en suelos distintos. Desaprobando la idea de que la capacidad fotosintética sea un parámetro importante capaz de explicar las similitudes entre grupos que crecen en diversos ambientes. Sin embargo no encuentran una razón específica para la constancia del 2.2% de nitrógeno foliar.

A partir de los resultados obtenidos en el presente trabajo, está claro que no se puede hablar de una "constancia adaptativa" sin tomar en cuenta los factores fisiológicos de las plantas ó el tipo de hábitat, sea en este caso desértico, propician niveles de nitrógeno altos o bajos, sino más bien el que existan diferentes cantidades de nitrógeno foliar nos indica las estrategias que han desarrollado las plantas bajo presiones ambientales distintas, es perceptible que el clima, luz y agua principalmente juegan un papel importante en el uso de nutrientes (Chapin & Kendrowski, 1983; Aerts, 1995,1996). No obstante, estos no son los únicos factores que están relacionados con las cantidades y uso de la nutrición mineral.

Puede ser que se trate de especies con un mismo origen (Axerold, 1973) y que sólo se han estado ajustando a las condiciones ambientales a las que se encuentran sometidas, aunando a ello las interrelaciones que de ahí se originen (Blackman & Wilson, 1951; Mooney & Gulmon, 1986; Chapin, 1990; Squeo et al., 2000).

Se desconocen las condiciones ambientales a las que han estado expuestas las comunidades analizadas por Killingbeck & Withford (op.cit.), pero si se conocen las condiciones en que se han desarrollado las comunidades vegetales en este trabajo (Selva baja caducifolia, Selva baja espinosa perennifolia, Matorral espinoso con espinas laterales y Chaparral) por reportes elaborados para estas comunidades por Valiente et al., (en prensa); Zavala, 1980; Osorio, 1996; Oliveros, 2000 y recientemente Sánchez, 2001, indicando que estas comunidades no han sufrido grandes perturbaciones que conlleven a la pérdida de nutrientes y con ello conserven sustancialmente su eficiencia en la toma y uso de sus recursos.

Los resultados arrojados en este estudio de los contenidos de nitrógeno foliar son una muestra de lo que esta sucediendo en algunas comunidades vegetales para el Valle de Tehuacán; principalmente las condiciones ambientales parecen estar favoreciendo la existencia de altos contenidos de nitrógeno, ya que al no existir grandes perturbaciones, como la ausencia de fuegos o influencias antropogénicas serias, por lo que esto ha permitido que se asocien las plantas formando lo que se conocen como islas de fertilidad, provocando así una coexistencia a favor de estas. La alta temperatura así como la irradiación no son un factor que impida el transporte de nitrógeno, ya que las plantas han desarrollado sus estrategias a manera que las hojas tienen un menor tamaño así como la presencia de hojas pubescentes y cutinizadas.

Hay una correlación muy estrecha entre nitrógeno y fósforo, entre C/N y clorofila (Loveless, 1961; Chapin, 1990; Rundel, 1994), demostrando que los dos macro-nutrientes estén fuertemente ligados a su disponibilidad natural y el uso fisiológico por las plantas, reflejados en las altas tasas fotosintéticas. Al aumentar el contenido de nitrógeno el de carbón disminuye, propiciando así tasas de crecimiento regulado, lo mismo sucede con las relaciones entre nitrógeno clorofila. Se ha demostrado que las plantas aceleran sus tasas fotosintéticas para regular la transpiración de las hojas, así mismo, la alta irradiación y la

temperatura propician que los contenidos de clorofila aumenten y con ello se acelere la fotosíntesis. El AFE tiende a reducirse con relación a la esclerofilia u hojas duras, pero aumentando alternativamente su contenido en fibra y por tanto elevando así la cantidad de nutrientes, indicando que el clima puede propiciar la esclerofilia para algunos casos. La concentración de nitrógeno en hojas y el AFE muchas veces son afectados por los procesos del ecosistema. Las plantas xerófilas sobreviven a temperaturas altas desarrollando hojas cutinizadas, pubescentes y de tamaño pequeño con un alto contenido de fibra (Medina et al., 1990; ; Miller, 1983; Turner, 1995). Es un tanto difícil definir una estructura típica de las hojas ya que claramente hay una gran variación de formas y esto lo marcan los diferentes tipos de vegetación (Grubb, 1986).

Se estima que en plantas de selvas tropicales húmedas principalmente el tamaño relativo de las hojas sea un ajuste en la funcionalidad de la hoja. El que desarrollen hojas grandes y una mayor proporción no significa que afecte directamente la funcionalidad de ellas, y no se descarta la posibilidad de que se trate solo de un ajuste morfo-fisiológico a largo plazo (Popma & Bongers, 1988; Alvarez, 1991). La interpretación fisiológica del significado de la concentración de nutrientes en un órgano dado no es simple, pues esta concentración varía según la edad de la planta, y de las condiciones ambientales, sobretodo de índole nutritiva, en que se ha desarrollado. En las hojas es de mayor relevancia considerar el contenido de elementos que estén directamente relacionados con el proceso de la fotosíntesis. En lo que respecta a los nutrientes, su proporción puede variar de especie a especie, demostrando que las especies suelen ser hábiles para existir en medios secos, a través de una plasticidad fisiológica como componente importante en el éxito de las especies (Mooney & Gulmon, 1983; Alvarez & Guevara, 1985; Baruch & Goldstein, 1999).

Descartando la idea que un área foliar resulta en un alto contenido de nitrógeno y por tanto de un AFE (Peace & Macdonald, 1991; Choong et al., 1992; Reich et al., 1992; Turner, 1996). La concentración de nutrientes inorgánicos en los tejidos vegetales, en especial las hojas, varía también en forma sensible con la edad. En general la concentración de K, de P y de N es mayor en tejidos jóvenes en fase de crecimiento activo y se reduce por dilución y transporte a medida que el órgano crece.

La foliación, los estadios de la planta y la fenología en general están ligados a las variaciones estacionales de los factores ambientales, como el fotoperiodo, la temperatura y precipitación, factores ecológicos como la densidad y la cobertura así como los factores edáficos. Los cuales actuarían como agentes desencadenantes de los mecanismos que inducen a cada fase, diferenciando así a las especies, las regiones y sus fases fenológicas (Aerts, 1990; Salisbury & Ross, 1994; Geeske et al., 1994;).

De esta manera los resultados obtenidos para este estudio en cuanto a peso seco y área foliar, muestran que hay una ausencia de correlación en su contenido de nitrógeno foliar, es decir mientras que la cantidad de nitrógeno foliar fue alta, el AFE fue menor, se mantuvo dentro de los tamaños propios de zonas xerófilas, comprobando con lo anterior las relaciones entre nitrógeno y un índice del área foliar específico (Medina, 1977; Reich et al., 1991).

Para este estudio es importante hacer notar que los tamaños foliares no fueron mayores a 100 cm² y con ello comprobando que el tamaño de las hojas no interfieren en los contenidos del nitrógeno. Por otra parte el hecho de que las hojas tengan un mayor contenido en fibra hace posible una acumulación más alta del nutriente y no por ello que se aumente en tamaño.

Aún falta mucho por investigar, por ejemplo comparar entre otras comunidades del mismo Valle, o incluso comparar entre otros desiertos de México las especies que son similares para conocer más a fondo lo que ocurre en otras comunidades y las posibles diferencias entre ellas, como se ven afectadas y cuales son las estrategias que han desarrollado.

IX. CONCLUSIONES

I.- Los contenidos de nitrógeno foliar en cuatro comunidades vegetales, Selva baja caducifolia, Selva baja espinosa perennifolia, Matorral espinoso con espinas laterales y Chaparral, con 86 especies en total, resultaron ser altos con respecto a lo encontrado en bibliografía (op.cit.).

II.- Los suelos son ricos en nitrógeno, resultando ser más ricos que en otros ambientes, desechando la idea de que los desiertos poseen suelos pobres en nutrientes. Al menos para las comunidades estudiadas en el Valle de Tehuacán, Puebla, México.

III.- El valor de nitrógeno foliar con mayor frecuencia presentado fue de 3.4 %, dominando en 18 especies del Valle de Tehuacán, Pue., Méx. En el mismo contexto las variaciones entre las especies que son constantes en las comunidades de Selva baja caducifolia, Selva baja espinosa perennifolia y Matorral espinoso con espinas laterales, resultaron no significativos.

IV.- Los parámetros de área foliar, peso seco (AFE) y los porcentajes de nitrógeno foliar presentaron ausencia de correlación, no de acuerdo a lo reportado para ambientes xerófitos.

V.- Bajas tasas de perturbación se ven reflejadas por los contenidos de nitrógeno tanto foliar como edafológico, propiciando así un mejor aprovechamiento de los recursos que se encuentran disponibles para el Valle.

VI.- Alternativamente la técnica empleada para medir nitrógeno a través de la espectrofotometría por el método de infrarrojos (FT-IR) usando el accesorio de reflectancia difusa, es efectiva del modo en que resultó ser de bajo costo, con un grado de error mínimo, por tanto es confiable, realizando un trabajo limpio y rápido.

X. BIBLIOGRAFIA

- ⌘ Aerts, R. 1990. Nutrient use efficiency in evergreen and deciduous species from wetlands. *Oecologia* 84: 391-397.
- ⌘ ----- 1995. The advantages of being evergreen. *Tree* 10 (10): 402-407.
- ⌘ ----- 1996. Nutrient resorption from senescing leaves of perennials: are there general patterns?. *Jour. Ecol.* 84: 597-608.
- ⌘ Alvarez, S. J. 1991. Productividad primaria neta en una selva tropical húmeda. *Bol.Soc.Bot.Méx.* No. 41
- ⌘ ----- & Guevara, S.S. 1985. Cit in. Gómez-Pompa, A. y Del Amo, S. Investigaciones sobre regeneración de selvas altas en Veracruz, México. INIREB Vol. II Alhambra, México, D.F.
- ⌘ Axerold, D.I. 1973. History of the mediterranean ecosystem in California. En: Di Castri, F. & Mooney, H.A. (eds.). *Mediterranean type ecosystems, origin and structure.* Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. pp. 225-284.
- ⌘ Baruch, Z. & Goldstein, G. 1999. Leaf construction cost, nutrient concentration, and net CO₂ assimilation of native and invasive species in Hawaii. *Oecologia* 121: 183-192.
- ⌘ Barrón, S.J. 1998. Estudio comparativo de fenología de la vegetación esclerófila del Valle de Tehuacán, Edo. de Puebla; y en zonas de clima Mediterraneo en el mundo. Tesis de licenciatura. ENEP Iztacala, UNAM, México, D.F.

- ⌘ Blackman, G.E. & Wilson, G.L. 1951. Physiological and ecological studies in the analysis of plant environment. VII. An Analysis of the differential effects of light intensity on the net assimilation rate, leaf-area ratio, and relative growth rate of different species. *Ann. Bot.* 15: 374-408.
- ⌘ Bever, J.D.; Kristi, M.; Westover & Antonovics, J. 1997. Incorporating the soil community into plant population dynamics: the utility of the feedback approach. *Jour. Ecol.* 85: 561-573.
- ⌘ Buol, S.W., Hole, F.D. & McCracken, R. T. 1981. Genesis y clasificación de suelos. Trillas. México, D.F.
- ⌘ Chapin, F.S. III. 1980. The mineral nutrition of wild plants. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 11: 233-260.
- ⌘ ----- 1983. Patterns of nutrient absorption and use by plants from natural and man-modified environments. En: Mooney, H. Y Godarw, M. (Eds). *Disturbance and ecosystems components of reponse. Ecological Studies 44. Springer-Verlag, Berlin.* pp.175-187.
- ⌘ ----- & Kendrowski 1983. Seasonal changes in nitrogen and phosphorous fractions and autumn translocation in evergreen and deciduous Taiga trees. *Ecology* 64: 376-391
- ⌘ ----- Bloom AJ., Field CB & Warning RH, 1987. Plant responses to multiple environmental factors. *BioScience* 37: 49-57.
- ⌘ Choong, M.F.; Lucas, P.W.; Ong, J.S.Y.; Pereira, B.; Tan, H.T.W. & Turner, M. 1992. Leaf fracture toughness and sclerophylly their correlations and ecological implications. *New. Phytol.* 121: 597--610.
- ⌘ Dávila, A.P., Villaseñor, R.J.L., Medina, L.R., Ramírez, R.A., Salinas, T.A., Sánchez-Ken, J. & Tenorio, L.P. 1993. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Listados Florísticos de México X Instituto de Biol. UNAM, México, D.F.*

- ⌘ Díaz-Raviña, M. Acea, M.J. & Carballas, T. 1993. Microbial biomass and its contribution to nutrient concentration in forest soils". *Soil.Biol.Biochem.* Vol. 25 (1): 25-31.
- ⌘ Donahue, R.L. 1981. *Introducción a los suelos y el crecimiento de las plantas.* Prentice/Hall. Colombia.
- ⌘ Fessenden, R.J. y Fessenden, J.S. 1988. *Química orgánica.* Iberoamericana, México, D.F.
- ⌘ Field, C.M.; Merino, J. & Mooney, H.A. 1983. Compromises between water use efficiency and nitrogen-use efficiency in five species of California evergreens. *Oecología* 60: 384-389.
- ⌘ ----- & Mooney, H.A. 1986. The photosynthesis relationship in wild plants. pp.25-26. In: Givnish, T.J. (ed). *On the economy of plant form and function.* Cambridge Univ. Press Cambridge.
- ⌘ Filip, V.; Dirzo, R.; Maass, J. & Sarukán, J. 1995. Whiting and among-year variation in the levels of herbivory on the foliage of trees from a Mexican Tropical Deciduous Forest. *Biotropica* 27 (1): 78-86.
- ⌘ Flores, H.N. 1996. *Caracterización del matorral esclerófilo perenifolio del Valle semiárido de Tehuacán, Puebla: Una comparación con los existentes en el clima mediterráneo.* Tesis de licenciatura, Fac. Ciencias, UNAM, México, D.F.
- ⌘ García, E. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática De Koppen para la República Mexicana.* Offset Larrios, 4ª. Edición Corregida y actualizada con datos a 1980, 1ª. Edición, 1964.
- ⌘ Generalit Valenciana. 1995. *Catálogo de suelos de la comunidad valenciana.* Conselleria de agricultura, pesca y alimentación. Consejo superior de investigaciones científicas. Univ.Val. SENDRA. Valencia, España.

- ✎ Geeske, J.; Aplet, G. & Vitousek, P. M. 1994. Leaf morphology along environmental gradients in Hawaiian Metrosideros polymorpha. *Biotropica* 26: 17-22.
- ✎ González, S.M. & Peñalosa, C.I. 1984. Técnicas de biomoléculas. UNAM, ENEPI, México, D.F. pp.35-47.
- ✎ Gujarati, D. 1981. *Econometría básica*. McGraw-Hill. México, D.F.
- ✎ Groves, R.H. 1983. Nutrient cycling in Australian Heath and South African Fynbos. En: Kruger, F.J.; Mitchell, D.T. & Jarvis, J.U.M. (eds.) *Mediterranean-type ecosystems, The role of nutrients*. Ecological studies 43. Berlin, Heidelberg, New York. pp. 174-191
- ✎ Grubb, P.J. 1977. Control of forest growth and distribution on wet tropical mountains: with special reference to mineral nutrition. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 8: 83-107.
- ✎ ----- 1986. Sclerophylls and pycnophylls: the nature and significance of hard leaf surfaces. En: Juniper, B.E. & T.R.E. (ed.) *Insects and the plant surface*. Southwoody. Pp. 137-150- Edward Arnold, London.
- ✎ Hernández, X.E. 1985. *Xolocotzia Tomo I*. Revista de Geografía Agrícola, Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- ✎ INEGI, 1987. *Cartas Orizaba 1:250 000 Edafológica y Geológica del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática*. México
- ✎ Jaramillo, L.V. & González, M.F. 1983. Análisis de la vegetación arbórea de la Provincia Florística de Tehuacán-Cuicatlán. *Bol.Soc.Bot.Méx.* 45.
- ✎ Kays, S.E., Widham, W.R. & Barton, F.E. 1996. Prediction of total dietary fiber in cereal products using Near-Infrared reflectance spectroscopy. *J.Agric.Food.Chem* 44(8): 2266-2271.

- ⌘ Killingbeck, K.T. & Whitford, W.G.1996. High foliar nitrogen in desert Shrubs: and important ecosystem or defective desert doctrine?. Ecology 77(6).
- ⌘ Kozłowski, T. & Pallard, S. 1996. Physiology of woody plants. 2ª. Edición. Academic Press. E.E.U.U.
- ⌘ Larigauderie, A. Hilbert, D. & Oechel, W., (1988). Effect of CO₂ enrichment and nitrogen availability on resource acquisition and resource allocation in grass, Bromus mollis. Oecología 77: 544-549.
- ⌘ Loveless, A.R. 1961. A nutritional interpretation of sclerophylly based on differences in the chemical composition of sclerophyllous and mesophytic leaves. Ann. Bot. 25: 168-184.
- ⌘ Medina, E. 1977. Introducción a la ecofisiología vegetal. Serie de biología, monografía No. 16, Washington, D.C.
- ⌘ Medina, B.; García, V. & Cuevas, E. 1990. Sclerophyll and oligotrophic environments: relationships between leaf structure, mineral nutrient content, and drought resistance in Tropical Rain Forest of the Upper río Negro Región. Biotropica 22: 51-64.
- ⌘ Mendoza, C.A., Muñoz, I.D. & López, G.F. 1995. Manual de edafología. UNAM ENEPI, México, D.F.
- ⌘ Miller, P.C. 1983. Canopy structure of mediterranean-type shrubs in relation to heath and moisture. En: Kruger, F.J.; Mitchell, D.T. & Jarvis, J.U.M. (eds.) Mediterranean-type ecosystems, The role of nutrients. Ecological studies 43. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York. pp.133-166.
- ⌘ Miranda, F. y Hernández, X. 1963. Los tipos de vegetación en México y su clasificación. Bol. Soc. Bot. Méx. 28: 29-179.

- ☞ Mooney, H. & Gulmon, S. 1983. The determinants of plant productivity natural versus man-modified communities. En: Mooney, H. Y Boddrow, M. (Eds.). *Disturbance and ecosystems components of response*. Ecological Studies 44. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. pp.146-158.
- ☞ Oliveros, G.O. 2000. Descripción estructural de las comunidades vegetales en las terrazas fluviales del río El Salado en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. Tesis de licenciatura, ENEP Iztacala, UNAM. México, D.F.
- ☞ Orman, B.A. & Schumann, R.A. 1991. Comparison of Near spectroscopy calibration methods for the prediction of protein, oil and starch in maize grain. *J.Agric.Food Chem.* 39 (5):883-886.
- ☞ Osorio, B.O., Valiente-Banuet, A., Dávila, P. & Medina, R. 1996. Tipos de vegetación y diversidad β en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla México. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 59.
- ☞ ----- 1996. Descripción de la vegetación en los alrededores del cerro Cutác en el Valle de zapotitlán de las Salinas, Edo. Puebla. Tesis Licenciatura. Fac. de Ciencias. UNAM, México, D.F.
- ☞ Peace, W.J.H. & Macdonald, F.D.1981. An Investigation of the Leaf Anatomy, Foliar Mineral Levels, and Water Relations of Trees of a Sarawak Forest. *Biotropica* 13(2).
- ☞ Popma, J. & Bongers, F. 1988. The effect of canopy gaps on growth and morphology of seedlings of rain forest species. *Oecología* 75: 625-632.
- ☞ Reich, P.B.; Uhl, C.; Walters, M.B. & Ellsworth, D.S. 1991. Leaf life-span as a determinant of leaf structure and function among 23 amazonian tree species. *Oecología* 86: 16-24.
- ☞ -----, Walters, M.B. & Ellsworth, D.S. 1992. Leaf life-span in relation to leaf, plant and stand characteristics among diverse ecosystems. *Ecol. Monogr.* 62: 365-392.

- ✎ Rundel, P.W. 1982 Nitrogen utilization efficiencies in mediterranean-climate shrubs of California and Chile. *Oecología* 55: 409-413.
- ✎ ----- 1983. Impact of fire on nutrient cycles in Mediterranean-type ecosystems with reference to Chaparral. En: Kruger, F.J.; Mitchell, D.T. & Jarvis, J.U.M. (eds.) *Mediterranean-type ecosystems, The role of nutrients. Ecological studies 43.* Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York. pp.192-207.
- ✎ ----- 1988a. Vegetation, nutrition and climate-data-tables. Foliar Analyses. En: Specht, R.L. (ed.) *Mediterranean-type Ecosystems.* Kluwer academic Publishers. Netherlands.
- ✎ ----- 1988b "Leaf structure and nutrition in Mediterranean-climate sclerophyll" En: Specht, R.L. (ed.) *Mediterranean-type Ecosystems.* Kluwer Academic Publishers. Netherlands, pp.248.
- ✎ Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México.* Limusa, México.
- ✎ Sánchez, V.G. 2001. Análisis comparativo de algunos caracteres foliares del matorral esclerófilo perennifolio (Mexical) del Valle de Tehuacán, Edo. de Puebla. Tesis de licenciatura. ENEP Iztacala, UNAM. México, D.F. pp.32.
- ✎ Salisbury, F.B. & Ross, W. 1994. *Fisiología vegetal.* Grupo editorial iberoamérica. México, D.F.
- ✎ Shaver, G.R. 1983. Mineral nutrient and nonstructural carbon pools in shrubs from Mediterranean-type ecosystems of California and Chile. En: Kruger, F.J.; Mitchell, D.T. & Jarvis, J.U.M. (eds.) *Mediterranean-type ecosystems, The role of nutrients. Ecological studies 43.* Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York. pp.286-299.
- ✎ Schlesinger, W.H. & Chabot, B.F. 1977. The use of water and mineral by evergreen and deciduos schrubs in Okefenokee Swamp. *Bot. Gaz.* 138: 490-497.

- ☞ Skujins, J. 1981. Nitrogen cycling in arid ecosystems. En: Clark & T. Roswall, (eds.) Terrestrial nitrogen cycles; processes, Ecosystem strategies and management impacts. Swedish National Science Research Council, Stockolm, Sweden.
- ☞ Specht, R.L. & Moll, E.J. 1983. Mediterranean-type Heathlands and sclerophyllous shrublands of the world: An overview. En: Kruger, F.J.; Mitchell, D.T. & Jarvis, J.U.M. (eds.) Mediterranean-type ecosystems, The role of nutrients. Ecological studies 43. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York. pp.41-65.
- ☞ ----- 1988. Mediterranean-type ecosystems, a data source book. Tasks for vegetation science 19. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- ☞ Squeo, F.A., Olivares, N., Valenzuela, A., Pollastri, A., Aguirre, E, Aravena, R., Jorquera, C., Ehleringer, J.R. 1999. Fuentes de agua utilizadas por las plantas desérticas y su importancia en planes de manejo y restauración ecológica. Bol.Soc.Bot.México 65: 95-106.
- ☞ Taiz, L. & Zeiger, E. 1998. Plant physiology. 2ª. Edición. Sinauer Associates, Inc., Publisher. U.S.A.
- ☞ Tamayo, J.L.1962. Geografía general de México. 2a. edición Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas. México. Vol.4.
- ☞ Turner, I.M.1994. A quantitative analysis of leaf form in woody plants from the world's major broadleaved forest types. Journal of Biogeography 21.
- ☞ -----, Ong, B.L. & Tan, H.T.W. 1995. Vegetation analysis, leaf structure and nutrient status of a Malaysian Heath community. Biotropica 27: 2-12.
- ☞ -----, C.L. & Knapp, A.K. 1996. Responses of a C₄ grass and three C₃ forbs to variation in nitrogen and light in Tallgrass Praire. Ecology 77 (6): 1738-1749.

- ✎ Valiente-Banuet, L. 1991. Patrones de precipitación en el Valle semiárido de Tehuacán, Puebla, México. Tesis de licenciatura. Fac. Ciencias. UNAM México, D.F. 65p.

- ✎ -----, Casas, A., Alcántara, A., Dávila, P., Hernández, N., Arizmendi, Ma. del C., Villaseñor, J., Ortega, J., Soriano, J. La vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. En prensa.

- ✎ Vázquez-Yanes C.1974. ¿Qué es la ecofisiología vegetal? *Biología (C.N.E.B., México)* 4: 106-108.

- ✎ ----- 1992. La fisiología ecológica de plantas. *Ciencias, Número especial* 5: 63-68.

- ✎ Villaseñor, J.L., Dávila, P. y Chiang, F. 1990. Fitogeografía del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 50: 135-149.

- ✎ Vitousek, P.M.1994. Potential nitrogen fixation during primary sucesion in Hawaii volcanoes National Park. *Biotropica* 26 (3): 234-240.

- ✎ West, N.1981. Nutrient cycling in desert ecosistems. En: *Arid-land ecosystems: estructura, functioning and management*. Vol. 2. Cambridge University Press, Cambridge, England.

- ✎ Wild, A. 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russel. *Mundi-Prensa*. Madrid, España.

- ✎ Zavala, H.J.A. 1980. Estudios ecológicos en el Valle semiárido de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, Clasificación de la vegetación. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 1-160

- ✎ ----- 1982. Estudios ecológicos en el Valle semiárido de Zapotitlán, Puebla I. Clasificación numérica de la vegetación basada en atributos binarios de presencia o ausencia de las especies. *Biotica* 7(1).

XII. APÉNDICE I

LISTADO FLORÍSTICO

ESPECIES	MAT.ESP.	SBC	SBEP	CH
ACANTHACEAE				
<i>Justicia mexicana</i> Rose	MAT.ESP.			
AMARANTHACEAE				
<i>Iresine</i> sp.		SBC		
ANACARDIACEAE				
<i>Pseudosmodigium multifolium</i> Rose		SBC		
<i>Rhus standleyi</i> Barkley				CH
<i>Rhus virens</i> Lindh.				CH
APOCYNACEAE				
<i>Plumeria rubra</i> L.		SBC		
ASCLEPIDACEAE				
<i>Asclepia linaria</i> Cav.				CH
ASTERACEAE				
<i>Gochanatia hypoleuca</i> (DC.) A. Gray			SBEP	
<i>Gymnosperma glutinosum</i> (Sprengel) Less.	MAT.ESP.			
<i>Montanoa tomentosa</i> Cerv.			SBEP	
<i>Perimenium discolor</i> Schrader	MAT.ESP.			
<i>Trixis pringlei</i> Rob. & Greenm.			SBEP	
<i>Viguiera dentata</i> (Cav.) Sprengel	MAT.ESP.			
<i>Viguiera pinnatilobata</i> (Schultz-Bip.) S.F.	MAT.ESP.			
BOMBACACEAE				
<i>Ceiba parvifolia</i> Rose		SBC		
BORAGINACEAE				
<i>Cordia curassavica</i> (Jacq.) Romer & Schultes	MAT.ESP.		SBEP	
BURSERACEAE				
<i>Bursera aloexylum</i> Engelm		SBC		
<i>Bursera aptera</i> Ramirez	MAT.ESP.			
<i>Bursera biflora</i> (Rose) Standley		SBC		
<i>Bursera fagaroides</i> (Kunth) Engl.		SBC		
<i>Bursera schlechtendalii</i> Engl.	MAT.ESP.			
CAESALPINACEAE				
<i>Caesalpinia melanadenia</i> (Rose) Standley	MAT.ESP.	SBC	SBEP	
<i>Cercidium praecox</i> (Ruiz & Pavón) Harms	MAT.ESP.	SBC	SBEP	
<i>Senna galeottiana</i> (Martens) Irwin & Barneby		SBC	SBEP	
<i>Senna</i> sp.		SBC		
Especie B			SBEP	
CELASTRACEAE				
<i>Maytenus phyllantoides</i> Benth.			SBEP	
<i>Mortonia diffusa</i> Rose & Standl.				CH

CONVOLVULACEAE			
<i>Ipomoea arborescens</i> G. Don	MAT.ESP.	SBC	SBEP
EUPHORBIACEAE			
<i>Croton ciliato-glanduliferus</i> Ortega			SBEP
<i>Manihotoides pauciflora</i> (Brandegee) Rogers & Appan	MAT.ESP.		
ERICACEAE			
<i>Comarostaphyllis polifolia</i> (Kunth) Zucc. Ex Klotz			CH
FABACEAE			
<i>Aeschynomene purpusii</i> Brandegee	MAT.ESP.		
<i>Calia secundiflora</i> (Ortega) Yakovlev			CH
<i>Dalea carthaginensis</i> (Jacq.) Mcbr.	MAT.ESP.		
<i>Leucaena esculenta</i> (Mociño & Sessé ex DC.) Benth.		SBC	
FAGACEAE			
<i>Quercus sebifera</i> Trel.			CH
FOUQUERIACEAE			
<i>Fouquieria formosa</i> Kunth		SBC	
GARRYACEAE			
<i>Garrya ovata</i> Benth.			CH
KRAMERIACEAE			
<i>Krameria cytisoides</i> Cav.			CH
LAMIACEAE			
<i>Salvia candicans</i> Mart. & Gal.			CH
MALPHIGIACEAE			
<i>Echinopterys glandulosa</i> (Adr. Juss.) Small	MAT.ESP.		SBEP
<i>Mascagnia parvifolia</i> Griseb.	MAT.ESP.	SBC	
MIMOSACEAE			
<i>Acacia constricta</i> Benth.			SBEP
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	MAT.ESP.		
<i>Lysiloma divaricata</i> (Jacq.) Macbr.		SBC	
<i>Mimosa luisana</i> Brandegee	MAT.ESP.		SBEP
<i>Mimosa polyantha</i> Benth.		SBC	
<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnston	MAT.ESP.	SBC	SBEP
<i>Zapoteca formosa</i> (Kunth) H. Hern.	MAT.ESP.		
RHAMNACEAE			
<i>Ceanothus greggii</i> A. Gray.			CH
<i>Karwinskia humboltiana</i> (Roemer & Schultes) Zucc. Mollis Schldl.		SBC	
<i>Ziziphus amolle</i> (Sessé & Mociño) M.C. Johnston		SBC	
ROSACEAE			
<i>Amelanchier denticulata</i> (Kunth) Koch			CH
<i>Cercocarpus fothersgilloides</i> Kunth			CH
RUBIACEAE			
<i>Bouvardia longiflora</i> (Cav.) Kunth			CH
<i>Bouvardia</i> sp.			SBEP
<i>Coutaportia ghiesbregthiana</i> (Baillon) Urban			CH
SAPINDACEAE			
<i>Dodonaea viscosa</i> (L.) Jacq.			CH

SCROPHULARIACEAE*Lamourouxia pringlei* B.L. Rob. & Greenm

CH

SIMAROUBACEAE*Castela tortuosa* Liebm.

SBEP

ULMACEAE*Celtis pallida* Torrey

MAT.ESP.

SBC

SBEP

VERBENACEAE*Citharexylum oleinum* (Benth.) Mold

CH

Lantana achyranthifolia Desf.

MAT.ESP.

Lantana camara L.

MAT.ESP.

SBC

SBEP

Lippia graveolens Kunth.

MAT.ESP.

XI. APENDICE II AREA FOLIAR vs PESO SECO (AFE) Y %N FOLIAR PARA CADA

COMUNIDAD.

Se muestran los promedios obtenidos así como el error estándar para cada especie, al final de la tabla se anotó el promedio por comunidad de cada uno de los parámetros analizados.

11.1 SELVA BAJA CADUCIFOLIA

ESPECIES	AREA FOLIAR cm ²	PESO SECO gr ¹	AFE cm ² gr ⁻¹	%N FOLIAR
<i>Senna sp.</i>	13.40 ±0.414	0.21 ±0.055	63.81 ±5.392	3.5 ±0.063
<i>Iresine sp.</i>	2.70 ±0.092	0.05 ±0.006	54.00 ±0.938	3.6 ±0.066
<i>Lantana camara</i>	5.56 ±0.327	0.06 ±0.002	92.67 ±1.744	3.5 ±0.080
<i>Bursera aloexylum</i>	6.46 ±0.439	0.07 ±0.017	92.29 ±3.202	3.3 ±0.019
<i>Ziziphus amole</i>	8.68 ±0.716	0.11 ±0.059	78.91 ±4.295	3.4 ±0.016
<i>Mascagnia parvifolia</i>	5.96 ±0.443	0.08 ±0.015	74.50 ±2.406	3.0 ±0.136
<i>Bursera biflora</i>	2.92 ±0.454	0.05 ±0.018	58.40 ±1.015	3.4 ±0.060
Especie 8	1.68 ±0.131	0.03 ±0.002	56.00 ±0.582	3.4 ±0.079
<i>Caesalpinia melanadenia</i>	1.19 ±0.154	0.02 ±0.002	59.50 ±0.476	3.4 ±0.045
<i>Pseudosmodigium multifolium</i>	13.62 ±1.802	0.19 ±0.049	71.68 ±4.259	3.6 ±0.122
<i>Mimosa polyantha</i>	2.56 ±0.472	0.05 ±0.007	51.20 ±0.797	3.7 ±0.050
<i>Leucaena leucocephala</i>	10.27 ±0.078	0.16 ±0.004	64.19 ±3.575	3.6 ±0.034
<i>Bursera fagaroides</i>	1.53 ±0.091	0.04 ±0.001	38.25 ±0.471	3.4 ±0.054
<i>Senna galeottina</i>	2.47 ±0.887	0.04 ±0.015	61.75 ±1.219	3.4 ±0.124
<i>Lysiloma divaricata</i>	14.29 ±2.650	0.21 ±0.014	68.05 ±7.060	3.5 ±0.060
<i>Karwinskia humboltiana</i>	2.93 ±0.115	0.04 ±0.002	73.25 ±1.446	3.3 ±0.043
<i>Celtis pallida</i>	8.40 ±0.763	0.09 ±0.016	93.33 ±2.634	3.4 ±0.049
<i>Ceiba parvifolia</i>	22.61 ±2.612	0.13 ±0.007	173.92 ±7.949	3.4 ±0.020
<i>Ipomoea arborescens</i>	30.65 ±2.785	0.25 ±0.042	121.00 ±0.107	3.5 ±0.000
<i>Fouquieria formosa</i>	6.10 ±0.662	0.03 ±0.001	203.33 ±1.924	3.3 ±0.069
<i>Plumeria rubra</i>	85.13 ±3.150	1.57 ±0.119	54.22 ±2.649	3.5 ±0.087
<i>Cercidium praecox</i>	1.97 ±0.055	0.04 ±0.006	49.25 ±0.685	3.4 ±0.089
<i>Prosopis laevigata</i>	13.09 ±0.502	0.20 ±0.051	65.45 ±4.088	3.4 ±0.061
PROMEDIO	11.48	0.16	79.08	3.4
DESV.STD.	17.64	0.31	39.23	0.14

ESTA TESIS NO PUEDE 49
SALIR DE LA BIBLIOTECA

11.2 MATORRAL ESPINOSO CON ESPINAS LATERALES

ESPECIES	AREA FOLIAR cm ²	PESO SECO g ⁻¹	AFE cm ² g ⁻¹	%N FOLIAR
<i>Bursera aptera</i>	2.59 ±0.525	0.04 ±0.009	64.75 ±1.039	2.4 ±0.539
<i>Aeschynomene purpusii</i>	0.64 ±0.042	0.01 ±0.001	64.00 ±0.200	3.2 ±0.074
<i>Acacia farnesiana</i>	1.34 ±0.154	0.03 ±0.002	44.67 ±0.535	3.8 ±0.343
<i>Dalea cartagenesis</i>	3.77 ±0.564	0.06 ±0.009	62.83 ±1.516	3.4 ±0.381
<i>Caesalpinia melanadenia</i>	3.35 ±0.461	0.04 ±0.007	83.75 ±1.048	3.4 ±0.102
<i>Manihotoides pauciflora</i>	3.43 ±0.000	0.03 ±0.000	114.33 ±0.000	3.4 ±0.000
<i>Prosopis laevigata</i>	0.43 ±0.014	0.01 ±0.002	43.00 ±0.212	3.5 ±0.129
<i>Mimosa luisana</i>	1.28 ±0.151	0.02 ±0.003	64.00 ±0.400	3.6 ±0.082
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	2.55 ±0.411	0.03 ±0.003	85.00 ±1.030	3.1 ±0.026
<i>Lantana camara</i>	3.72 ±1.113	0.05 ±0.012	74.40 ±1.840	3.3 ±0.738
<i>Perimenium discolor</i>	2.66 ±0.491	0.03 ±0.005	88.67 ±0.832	3.8 ±0.076
<i>Bursera schlechtendalii</i>	3.23 ±0.521	0.05 ±0.015	64.60 ±1.299	3.7 ±0.513
<i>Ipomoea arborescens</i>	14.20 ±3.617	0.19 ±0.058	74.74 ±5.724	2.4 ±0.041
<i>Lantana achyranthifolia</i>	4.10 ±0.607	0.19 ±0.061	21.58 ±1.381	3.4 ±0.044
<i>Echinopteris eglanulosa</i>	2.45 ±0.078	0.03 ±0.002	81.67 ±0.766	3.8 ±0.169
<i>Mascagnia parvifolia</i>	6.31 ±0.460	0.06 ±0.005	105.17 ±1.981	3.0 ±0.273
<i>Zapoteca formosa</i>	1.36 ±0.170	0.02 ±0.005	68.00 ±0.549	3.6 ±0.102
<i>Viguiera dentata</i>	12.92 ±0.355	0.11 ±0.002	117.45 ±6.421	3.6 ±0.070
<i>Viguiera pinnatilobata</i>	11.46 ±0.111	0.11 ±0.003	104.18 ±5.694	3.5 ±0.114
<i>Cordia curassavica</i>	3.16 ±0.349	0.05 ±0.091	63.20 ±0.988	3.1 ±0.220
<i>Cercidium praecox</i>	1.51 ±0.350	0.03 ±0.008	50.33 ±0.605	3.5 ±0.230
<i>Celtis pallida</i>	4.80 ±0.376	0.09 ±0.005	53.33 ±1.927	4.5 ±0.686
<i>Justicia mexicana</i>	1.39 ±0.096	0.03 ±0.010	46.33 ±0.430	3.2 ±0.059
<i>Lippia graveolens</i>	2.31 ±0.201	0.03 ±0.002	77.00 ±0.723	3.5 ±0.028
PROMEDIO	3.96	0.06	71.54	3.4
DESV.STD.	3.71	0.05	23.52	0.43

11.3 SELVA BAJA ESPINOSA PERENNIFOLIA

ESPECIES	AREA FOLIAR cm^2	PESO SECO g^{-1}	AFE $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$	%N FOLIAR
<i>Acacia constricta</i>	2.71 ±0.413	0.04 ±0.001	67.75 ±0.943	3.5 ±0.044
<i>Echinopterys eglandulosa</i>	4.34 ±0.826	0.04 ±0.004	108.50 ±1.363	3.5 ±0.056
<i>Mimosa luisana</i>	1.61 ±0.134	0.02 ±0.003	80.50 ±0.561	3.3 ±0.072
<i>Bouvardia sp.</i>	1.16 ±0.107	0.02 ±0.005	58.00 ±0.485	3.3 ±0.056
<i>Croton ciliato-glanduliferus</i>	11.95 ±1.388	0.12 ±0.021	99.58 ±3.751	3.3 ±0.029
<i>Morkilia mexicana</i>	74.64 ±0.136	0.55 ±0.037	137.71 ±0.371	3.1 ±0.170
<i>Montanoa tomentosa</i>	29.97 ±8.732	0.39 ±0.067	76.85 ±9.379	3.3 ±0.041
<i>Justicia mexicana</i>	1.96 ±0.383	0.03 ±0.007	65.33 ±0.612	3.3 ±0.068
<i>Trixis pringlei</i>	8.60 ±1.798	0.08 ±0.021	107.50 ±0.301	3.3 ±0.077
<i>Maytenus phyllantoides</i>	2.90 ±0.581	0.11 ±0.016	26.36 ±0.987	3.3 ±0.047
<i>Cordia curassavica</i>	2.69 ±0.354	0.04 ±0.005	67.25 ±0.936	3.4 ±0.029
<i>Senna galeottiana</i>	4.00 ±0.457	0.05 ±0.005	80.00 ±1.396	3.3 ±0.036
Especie B	1.79 ±0.075	0.03 ±0.003	59.67 ±7.452	3.6 ±0.072
<i>Gochnattia hypoleuca</i>	1.62 ±0.050	0.02 ±0.001	81.00 ±0.805	3.4 ±0.037
<i>Lantana camara</i>	3.75 ±0.522	0.04 ±0.006	93.75 ±1.515	3.4 ±0.032
<i>Castela tortuosa</i>	0.90 ±0.040	0.02 ±0.032	45.00 ±0.277	3.4 ±0.069
<i>Ipomoea arborescens</i>	20.26 ±0.000	0.17 ±0.000	119.18 ±0.142	3.6 ±0.000
<i>Caesalpinia melanadenia</i>	1.34 ±0.188	0.03 ±0.006	44.67 ±0.535	3.6 ±0.029
<i>Celtis pallida</i>	3.23 ±0.536	0.06 ±0.003	53.83 ±0.130	3.4 ±0.056
<i>Prosopis laevigata</i>	10.08 ±1.056	0.13 ±0.012	77.54 ±3.156	3.6 ±0.041
<i>Cercidium praecox</i>	3.09 ±0.450	0.04 ±0.002	77.25 ±1.078	3.6 ±0.057
PROMEDIO	9.17	0.10	77.49	3.4
DESV.STD.	16.64	0.13	26.79	0.14

11.4 CHAPARRAL

ESPECIES	AREA FOLIAR cm^2	PESO SECO gr^{-1}	AFE $\text{cm}^2 \cdot \text{gr}^{-1}$	% N FOLIAR
<i>Coutaportla ghiesbreghtiana</i>	2.58 ±2.19	0.06 ±0.008	43.00 ±1.031	3.3 ±0.011
<i>Cercocarpus fothergilloides</i>	3.22 ±0.000	0.05 ±0.002	64.40 ±1.591	3.1 ±0.001
<i>Rhus standleyi</i>	8.85 ±0.315	0.22 ±0.007	40.23 ±3.050	3.0 ±0.018
<i>Calia secundiflora</i>	52.88 ±1.283	1.51 ±0.717	35.02 ±25.760	3.3 ±0.004
<i>Ceanothus greggi</i>	0.49 ±0.085	0.02 ±0.008	24.50 ±0.149	3.1 ±0.008
<i>Mortonia diffusa</i>	0.34 ±0.005	0.01 ±0.000	34.00 ±0.116	3.1 ±0.008
<i>Quercus sebifera</i>	6.24 ±0.134	0.14 ±0.015	44.57 ±1.935	3.3 ±0.014
<i>Garrya ovata</i>	13.71 ±0.728	0.44 ±0.068	31.16 ±5.423	3.0 ±0.015
<i>Citharexylum oleinum</i>	2.32 ±0.160	0.07 ±0.010	33.14 ±0.795	3.3 ±0.020
<i>Rhus virens</i>	20.32 ±0.905	0.53 ±0.119	38.34 ±6.990	3.0 ±0.006
<i>Comarostaphylis polifolia</i>	1.40 ±0.013	0.04 ±0.003	35.00 ±0.431	3.3 ±0.019
<i>Amelanchier denticulata</i>	8.31 ±0.089	0.70 ±1.043	11.87 ±2.412	3.2 ±0.007
<i>Dodonaea viscosa</i>	86.06 ±0.748	5.92 ±1.394	14.53 ±2.292	3.0 ±0.007
<i>Krameria cytissoides</i>	27.47 ±0.094	0.86 ±3.786	31.94 ±8.437	3.1 ±0.010
<i>Asclepia linaria</i>	3.09 ±0.026	0.22 ±0.189	14.04 ±0.909	3.0 ±0.011
<i>Salvia candicans</i>	33.84 ±0.321	1.35 ±3.308	25.06 ±10.303	3.1 ±0.008
<i>Bouvardia longiflora</i>	21.45 ±0.185	1.45 ±1.752	14.79 ±7.071	3.1 ±0.004
<i>Lamorouxia pringlei</i>	13.37 ±0.189	0.84 ±0.985	15.91 ±4.430	3.0 ±0.000
PROMEDIO	17.00	0.80	30.64	3.1
DESV. STD.	27.90	1.94	7.34	0.12