

2ej
2



**Universidad Nacional Autónoma
de México**

FACULTAD DE CIENCIAS

**ESTUDIO SOBRE LA MODULACION DE LAS LEGUMINOSAS
SILVESTRES DE LA MIXTECA OAXAQUEÑA**

Tesis Profesional

Que para obtener el Título de

B I O L O G O

p r e s e n t a

LUIS ISAAC AGUILERA GOMEZ

México, D. F.

1986



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

	Pág.
INTRODUCCION.....	1
OBJETIVOS.....	17
MATERIAL Y METODOS.....	20
RESULTADOS.....	32
Listado Florístico.....	34
Pruebas Bioquímicas de los	
Aislados de <u>Rhizobium</u>	51
Uso potencial de los géneros	
de Leguminosas encontrados -	
en la Mixteca.....	56
DISCUSION.....	69
BIBLIOGRAFIA.....	79

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. Evolución floral de las Leguminosas.....	10
FIGURA 2. Tipos nodulares.....	18
FIGURA 3. Mapa de ruta de colecta.....	24
FIGURA 4. Mapa de zonación fisiográfica.....	26
FIGURA 5. Tipos de vegetación en la Mixteca.....	33

INDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA I. Caracteres diagnósticos de las leguminosas.....	4
TABLA II. Sitios de muestreo.....	23
TABLA III. Características fisiográficas de la zona.....	25
TABLA IV. Incidencia de tipos de nódulos en los géneros de leguminosas encontrados.....	49-50
TABLA V. Pruebas bioquímicas de los aislados de <u>Rhizobium</u>	52-55

RESUMEN

La Mixteca Oaxaqueña dada su situación geográfica, características topográficas particulares y sus variados tipos de vegetación ofrece perspectivas importantes en la aportación de conocimientos sobre la flora poco explorada de la zona, por ello, considerando que la familia leguminosae representa un material de estudio interesante en las áreas botánica y microbiológica, se intentó abarcar un panorama de la distribución de las especies de esta familia mediante cuatro recorridos de colecta durante un año, y revisar la ocurrencia de nódulos y sus respectivos microsimbiontes efectuando trabajo de campo y de laboratorio para la consecución de tales objetivos.

La diversidad de géneros y especies de leguminosas en la Mixteca, parece estar favorecida en bosques mixtos de Pino-Encino bajo condiciones climáticas sub-húmedas, ya que se detectaron 33 especies pertenecientes a 18 géneros en este tipo de vegetación. De igual manera en selva baja caducifolia se presentaron 27 especies de 21 géneros diferentes; mientras que en bosques de encino dicha diversidad se redujo a solo 3 especies y 3 géneros representando a esta familia. Aunque los bosques de encino generalmente presentan características climatológicas similares a los

bosques de pino, más aún se entremezclan con ellos formando una comunidad mixta, el encinar muestreado, cercano a Nochixtlán Oaxaca se desarrolla en clima semi-seco templado, diferente a las comunidades pino-encino de la región.

En áreas fuertemente erosionadas, las leguminosas constituyen una buena parte de la vegetación que sobrevive a la sequía estacional y están reportadas en la literatura como plantas pioneras y controladoras de erosión.

La observación directa de la presencia de nodulación así como la caracterización de las bacterias del género Rhizobium que se encuentran involucradas en este fenómeno permiten indicar que el 82% de las leguminosas colectadas a las que se revisó el sistema radical en busca de nódulos, los presentan, y que el tipo de nódulos fue constante para cada uno de los géneros de esta familia, con excepción de dos especies del género Chamaecrista que presentaron dos tipos de nódulos en una misma planta. Por otra parte, los Rhizobia aislados a partir de nódulos están presentes en los suelos de la región distribuidos ampliamente en climas templados, secos, semi-secos y húmedos a altitudes cuyos límites van de los 1950 msnm a los 3400 msnm, que de acuerdo con su comportamiento en medios de cultivo in vitro, representan una fuente de material genético micro

biano adaptado a condiciones ecológicas muy particulares;
que puede emplearse en estudios posteriores de potencial
de fijación de nitrógeno atmosférico e inoculación cruzada.

INTRODUCCION

La flora de México se considera como una de las más ricas y variadas del mundo; a ello ha contribuido (i) su situación geográfica, lo accidentado de su fisiografía y su gran variedad climática; (ii) las intensas migraciones recibidas tanto de Norteamérica como de América del Sur y (iii) su notable grado de endemismo. Cabe por lo tanto señalar que los elementos meridionales centro y sud-americanos están ampliamente representados en la flora tropical de México, que los septentrionales y en ocasiones los meridionales se encuentran distribuidos en las regiones templadas y frías del país indicando así la existencia de tales migraciones. México también ha sido un importante centro de diferenciación de especies y géneros, siendo monotípicos una gran cantidad de ellos (Bravo-Hollis, 1978).

A pesar de las contribuciones hechas por los botánicos, la flora de México dista mucho de ser totalmente conocida, y es necesario que muchos aspectos de la taxonomía vegetal sean enfocados desde el punto de vista de sus relaciones con la microflora en particular, puesto que los microorganismos representan un papel importante en el desarrollo de los vegetales; ya sea como parásitos, simbioses o asociados a la rizósfera de las plantas, tomando parte en los ciclos de degradación y síntesis de nutrientes en el suelo. De acuerdo con este enfoque, la familia leguminosae es de gran interés, puesto que constituye una de las tres más grandes familias de fanerogamas, excedida solo por

Compositae y Orchidaceae (Heywood, 1971), y que en México se encuentra bien representada

La familia Leguminosae es crucial en el balance de la naturaleza puesto que cuenta con especies que en su mayoría son capaces de convertir el nitrógeno del aire en amonio; una forma soluble de nitrógeno, la cual es fácilmente utilizada por las plantas. Solo unas pocas de otras familias de plantas tales como Azollaceae, (familia de helechos heterospóricos) que establece simbiosis con cianobacterias del género Anabaena; Rhamnaceae, (géneros Ceanothus y Discaria) Myricaceae, Rosaceae (género Rubus) etc. (Bond, 1976) incluyen especies con esta capacidad. Las leguminosas producen la mayor cantidad de nitrógeno fijado biológicamente por lo que, la contribución de la familia en cuanto al aporte de este elemento en la biósfera puede ser vital para mantener la productividad de los suelos por largos períodos (NAS., 1979). Esta capacidad de fijar nitrógeno atmosférico es un fenómeno al que las leguminosas contribuyen directamente a través del establecimiento de asociaciones simbióticas con bacterias del género Rhizobium, ya que solo los organismos procariotas como algunas bacterias y cianobacterias poseen una maquinaria enzimática capaz de realizarlo.

La familia Leguminosae (o Fabaceae) comprende unos 650 géneros y 18000 especies distribuidos en tres grandes subfa

milias: Caesalpinoideae, Mimosoideae y Papilionoideae (Polhill, et al., 1981), cuyos caracteres diagnósticos principales se presentan en la tabla I.

En comparación con otras familias de plantas, las leguminosas varían desde especies arbóreas a pequeñas plantas anuales, que aunque se extienden en todos los hábitats terrestres desde el ecuador a los desiertos fríos o secos, presentan una alta diversidad centrada en áreas de topografía variada con climas estacionales como lo es México. Aproximadamente una tercera parte de las especies de leguminosas está contenida en cinco géneros: Acacia, Astragalus, Cassia, Crotalaria y Mimosa (Polhill, et al., 1981).

Aunque no se conoce claramente el origen de esta familia, las considerables diferencias entre los géneros notablemente primitivos de las leguminosas que han sobrevivido, junto con su biogeografía y el registro geológico, colocan el origen de las Caesalpinoideae en el Cretácico superior, de tal modo que la evidencia fósil no va más allá de los 70 millones de años (Polhill et al., 1981). Existen indicios de madera y polen fósiles que sugieren la presencia de Caesalpinoideae en el Mastrichtiano (65-70 millones de años). Evidentemente, este grupo de plantas puede ser más antiguo, pero parece haber alcanzado una mayor

Tabla I.- Caracteres diagnósticos usados para separar las tres subfamilias de Leguminosae. (Tomado de Heywood, 1971).

Subfamilia	Hábito de crecimiento	Flores	Cáliz en prefloración	Corola en prefloración
Mimosoideae	arbóreo y arbustivo	actino-mórficas	valvado (imbricado-en Parkieae)	valvada (raramente imbricada.)
Caesalpinioideae.	arbóreo o arbustivo (raramente herbáceo)	+zigomórficas.	imbricado (raramente valvado)	imbricada; el pétalo adaxial sobrelapado a los laterales.
Papilionoideae (Lotoideae)	arbóreo, arbustivo y herbáceo.	fuertemente zigomórficas (papilionadas) rara vez actinomórficas.	imbricado o valvado	imbricada; el pétalo adaxial (estandarte) fuera de los pétalos laterales (alas)

diversificación hasta el Eoceno (38-40 millones de años) cuando tanto las Mimosoideae como las Caesalpinioideae se hicieron más abundantes (Raven y Polhill, 1981).

Parece que las tribus Caesalpinieae, Cassieae y Cercideae de la subfamilia Caesalpinioideae se diferenciaron antes del término del Cretácico. Sin embargo, aunque existe poco apoyo en el registro fósil, las diferencias entre éstas líneas filéticas son de importancia fundamental, dado que cada una está representada por géneros vivientes muy antiguos con una combinación de características muy generalizada (Raven y Axelrod, 1974; Muller, 1981 citados en Raven y Polhill, 1981).

El origen de Mimosoideae y Papilionoideae es aún más oscuro, tuvo lugar probablemente en el Eoceno medio, cuando ambos grupos se diversificaron, pero no se conoce con exactitud el tiempo de su aparición.

Al término del período Cretácico (65 millones de años), cuando los grupos modernos de leguminosas se estaban conformando. Eurasia se encontraba todavía en contacto con África; y ésta representa la única ruta directa razonable para la migración entre los hemisferios norte y sur. Así mismo hubo conexiones terrestres directamente entre Europa y Nortea

mérica a través del Atlántico norte hasta hace 49 millones de años (McKenna, 1972, citado en Raven y Polhill 1981), y conexiones relativamente directas, con solo separaciones pequeñas de agua entre las tierras emergidas del Atlántico norte y las tierras del mar de Bering.

Durante la evolución temprana de las leguminosas, Laurasia (Eurasia + Norteamérica y Africa) parece haber constituido en efecto una masa de tierra ininterrumpida, con migración limitada solamente por barreras climáticas; la representación de leguminosas primitivas tanto en los bosques templados del hemisferio norte como en los bosques tropicales atestiguan este hecho.

Cuando los principales grupos de leguminosas se estaban diferenciando, Sudamérica era equidistante tanto de África como de Norteamérica, el continente Sudamericano estaba separado de cada uno por una barrera marina de cerca de 1200 Km, equivalente más o menos a la distancia actual de Jamaica al continente adyacente. A causa de las relaciones geográficas mencionadas antes, parece claro que África fue un sitio primario de evolución de las leguminosas tropicales, aunque la distinción entre climas tropical y templado no era tan aguda en el Paleoceno como en el presente.

Hubo indudablemente un intercambio temprano de leguminosas entre Africa y Sudamérica. Los Rodentia caviomorfos y los primates Platyrrinos parecen haber alcanzado Sudamérica por ésta ruta en el Oligoceno temprano, y las leguminosas, que claramente se dispersan fácilmente sobre barreras marinas parecen haber seguido la misma vía tarde o temprano.

Las distribuciones frecuentemente pantropicales de los mayores grupos y géneros de leguminosas enfatizan la facilidad con la cual se dispersan, y las colocan en un agudo contraste con los patrones mucho más localizados encontrados en muchas otras familias de plantas tropicales. Un ejemplo de lo anterior es que no menos de 13 géneros de leguminosas han alcanzado las islas Hawaii sobre barreras marinas tan anchas como cualquiera de las encontradas en el mundo; no existen géneros endémicos de ésta familia en Hawaii (Raven y Polhill, 1981).

La representación de leguminosas en bosques tanto húmedos como secos en Africa es comparativamente mucho más rica que para muchas familias de plantas tropicales, esto es consistente con el postulado de Raven y Polhill (1981) de Africa como un área primaria de la radiación y evolución temprana de las leguminosas.

Norteamérica no fué un importante sitio de evolución para las leguminosas primitivas, esto es claro, ya que se colonizó a partir de dos fuentes: Europa y Sudamérica; un ejemplo es la radiación en Norteamérica del género Dalea de origen claramente europeo, en comparación en ésta misma región de los géneros Brogniartia y Prosopis de influencia Sudamericana.

Dado que la familia Leguminosae ha radiado hacia muchas áreas del mundo, es necesario definir que familias muestran las mayores afinidades filogenéticas con ella, de que grupo de plantas se originaron y cual es el sitio más satisfactorio que ocupan las leguminosas en el sistema general de las dicotiledoneas (Dickison, 1981).

Heywood (1971), sugiere ciertos nexos de las leguminosas con las Rosaceae a través de la tribu Chrysobalaneae que muestra mucha afinidad con la subfamilia Caesalpinioideae; esta tribu se considera como una de las más especializadas de la familia Rosaceae dado que muestra tendencias hacia una asimetría floral y al tipo de fruto parecido a una vaina o legumbre. Además todos sus géneros son tropicales o subtropicales. Sin embargo una revisión de características florales, polen, anatomía de maderas y embriología realizada por William C. Dickison en el Departamento de Botáni

ca de la Universidad de Carolina del Norte en 1981, muestra que las leguminosas divergieron claramente de un ancestro común, mucho más tarde que algunas familias de las Rosales; las leguminosas representan un complejo que evolucionó rápidamente, cuyos miembros retienen muy pocas, si es que algunas, de las cualidades relictuales de taxas ancestrales.

La evidencia actual disponible, sugiere que las leguminosas y las Connaraceae comparten un ancestro común, aunque el hecho de que la familia Leguminosae representa un complejo algo aislado parece innegable. Aún más, la información obtenida a partir de la morfología de la semilla, sugiere que la relación Connaraceae-Leguminosae sea considerada exitosamente fuera del orden Rosales (Dickison, 1981).

Dentro de la familia Leguminosae parece haber ocurrido una divergencia evolutiva temprana a partir de las Caesalpinioideae hacia las otras dos subfamilias. Se han descrito algunas tendencias evolutivas, una de las cuales toma en cuenta la diferenciación de esta familia de acuerdo a sus características florales (Leppik, 1966). (Citado en Heywood, 1971) (Fig. 1).

Parece haber sin embargo, algunas discrepancias entre autores en cuanto a la antigüedad de las tres subfamilias

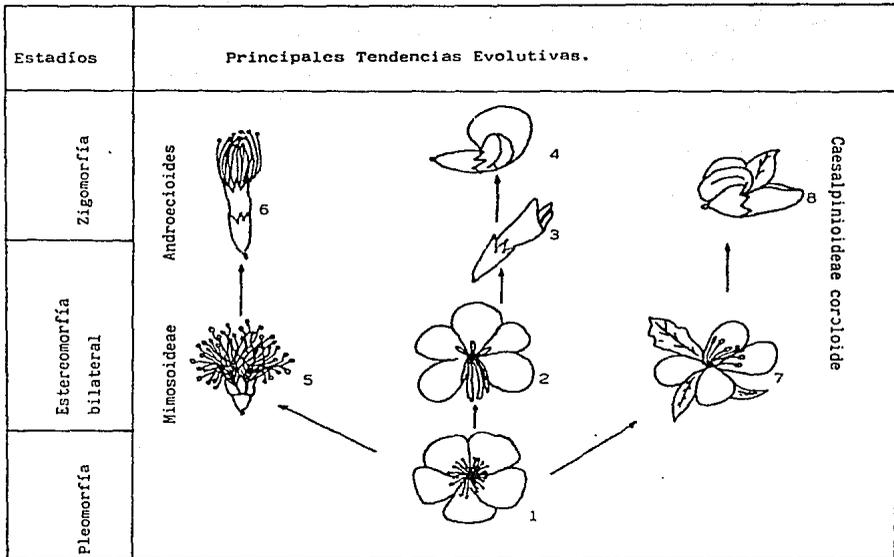


Fig.1.- Evolución floral de las leguminosas correlacionada con el desarrollo filogenético de las correspondientes subfamilias.1. flor pentámera hipotética de una leguminosa ancestral. 2. pre floración bilateral de las Caesalpinioideae (Cassia).3. flor papilionoide tubular (Trifolium). 4. flor papilionoide (Pisum). 5. flor androecioides de Mimosoideae (Acacia).6. tipo tubular de las Mimosoideae androecioides (Inga). 7. flor bilateral de Caesalpinioideae coroloide (Brownea). 8. flor coroloide de Caesalpinioideae (Cercis). (Tomado de Leppik, 1966, citado en Heywood, 1971).

y a las relaciones filogenéticas entre ellas. Es importante tratar de determinar dichas relaciones filogenéticas - entre plantas de la familia Leguminosae debido a la dificultad de emitir un juicio sobre la aparición de la simbiosis Rhizobium-Leguminosa. Aunque la evolución de las leguminosas se ha rastreado mediante el registro fósil, no se han hecho referencias a la presencia de nódulos en las leguminosas primitivas (Lim, y Burton, 1982).

Fred et al (1932) (citado en Lim y Burton, 1982) sugieren un reexamen de estos fósiles de leguminosas para observar la ocurrencia de nódulos y determinar la antigüedad de esta asociación. Así, dado que la familia Leguminosae parece ser de origen tropical, Norris (1956) propone que la invasión de la raíz de las plantas de ésta familia por bacterias del género Rhizobium ocurrió en condiciones climáticas similares. La teoría de Norris con respecto a la aparición y evolución de la asociación simbiótica se sintetiza a continuación:

- 1.- La simbiosis rizobiana surgió en suelos tropicales bajo condiciones de humedad y baja disponibilidad de nutrientes.
- 2.- Las leguminosas tropicales primitivas fueron simbióticamente promiscuas.

- 3.- Los rhizobia tipo "cowpea" fueron los microsimbiontes ancestrales.
- 4.- La evolución y distribución de las leguminosas condujeron a la especialización simbiótica.

Existe un gran debate acerca de la evolución de la simbiosis que se ve reflejado en los siguientes hechos controversiales, que aún no han podido ser resueltos satisfactoriamente:

a).- Pocas familias de plantas han tenido éxito para establecer simbiosis nodular. ¿Cual es el significado del hecho que aquellas que establecen simbiosis, en su mayoría son familias de plantas leñosas, las cuales están agrupadas en derredor del orden Rosales en el sistema evolutivo de Hutchinson? (citado en Parker, 1977).

b).- Algunas No-leguminosas presentan actinomicetos en sus tejidos hipertróficos radicales, mientras que las leguminosas tienen eubacterias. Dentro de las leguminosas, sin embargo, las Caesalpinioideae son plantas con un bajo índice de nodulación, mientras que las Mimosoideae y las Papilionideae se encuentran mucho más noduladas.

¿Significa esto que la evolución de tales asociaciones es geológicamente tardía? (Parker, 1977). En efecto, de

las tres subfamilias de leguminosas conocidas, sólo el 30% de las especies revisadas de la subfamilia Caesalpinioideae nodulan en comparación con los porcentajes mucho más altos de Mimosoideae con 83% y Papilionoideae con 95% de especies noduladas (Allen y Allen, 1981).

Se han determinado líneas filéticas hipotéticas a partir de evidencia cromosómica y se han correlacionado con datos de nodulación, y es sorprendente encontrar que Caesalpinioideae presenta números cromosómicos altos con baja ocurrencia de nódulos mientras que Papilionoideae con números cromosómicos bajos, se reporta con alta ocurrencia de nódulos (Allen y Allen, 1981).

Por otra parte, la clasificación de Rhizobium está basada en la presunción de que cada especie de la bacteria nodula solamente plantas dentro de un grupo específico de inoculación cruzada y que dentro de tal grupo todos los rhizobia de un huésped pueden infectar todas las plantas del grupo; de esta manera se han descrito las siguientes especies de la bacteria: Rhizobium leguminosarum, R. trifolii, R. phaseoli, R. meliloti, R. japonicum, R. lupini, y un grupo misceláneo, Rhizobium spp que nodula una gran variedad de leguminosas tropicales y que comunmente se conoce como grupo 'cowpea' (Graham, 1976).

El género Rhizobium ha sido dividido tradicionalmente en dos grupos: el término "grupo de crecimiento rápido" comunmente designa a aquellos rhizobia que presentan una alta tasa de multiplicación en contraste con aquellos de baja tasa de crecimiento que se incluyen en uno llamado de "crecimiento lento". Ambos grupos de Rhizobium presentan características diferentes; en cuanto a nutrición por carbohidratos las bacterias de crecimiento lento son más específicas en sus requerimientos de fuentes carbonadas. De igual manera, los rhizobia de alta tasa de multiplicación tienden a producir ácido en un medio de cultivo artificial como el extracto levadura manitol, mientras que los de crecimiento lento producen álcali (Graham, 1976).

Tanto el criterio de inoculación cruzada como el de velocidad de crecimiento se han utilizado para describir taxonómicamente a Rhizobium incluyendo el grupo misceláneo del 'cowpea'. Los rhizobia del grupo de crecimiento lento se han incluido dentro de un género nuevo: Bradyrhizobium debido a sus diferencias genéticas y metabólicas (Elkan, 1984).

Sin embargo, ciertos investigadores entre los que se cita a Elkan (1984) Graham (1976), Eaglesham (1985)* dejan claro que la posición taxonómica de Rhizobium es con

* Eaglesham, A., 1985. com. pers. Boyce Thompson Institute New York, USA.

troversial y que esta clasificación puede considerarse solo como tentativa; concluyendo por lo tanto, que una clasificación de estas bacterias basada en la inoculación cruzada o afinidad al huésped debido a la gran cantidad de excepciones causadas por infecciones cruzadas anómalas no es satisfactoria.

Por otra parte, la invasión de la raíz de las leguminosas por rhizobia específicos desencadena la formación de nódulos cuya forma y organización tisular, así como la forma activa de Rhizobium llamada bacteroide, están controladas al menos en parte por el genotipo de la planta huésped (Sprent, 1982); pero en relación con la vasta información sobre la simbiosis Rhizobium-leguminosa, existen pocas descripciones adecuadas de los nódulos. Descripciones de esta naturaleza son necesarias puesto que permiten ampliar el conocimiento sobre la interacción planta-hospedero en relación al proceso de nodulación.

La mayoría de las leguminosas forman nódulos a partir de un llamado cordón de infección, que es una invaginación de las paredes de la corteza de la raíz por donde penetran las bacterias intercelularmente hasta alcanzar una zona de células poliploides a las cuales invaden (Vance, y Johnson, 1981). Sin embargo, no se han encontrado cor-

dones de infección en pelos radicales de muchas especies. El mecanismo de infección en estas leguminosas es un tanto diferente, y aunque la invasión parece presentar también un patrón intercelular, los cordones de infección no están presentes en el nódulo y Rhizobium se dispersa mediante la división celular de las células disomáticas. El hecho de que un amplio rango de rhizobia infecten plantas dentro de un grupo misceláneo en el cual existen cordones de infección en algunos casos mientras que en otros no, indica que el modo de infección es aparentemente una característica de la planta y no la de la cepa rhizobiana (Dart, 1977).

La forma de un nódulo normal está determinada por la posición y desarrollo de sus meristemas, a este respecto, existen cuatro tipos de nódulos, dos que potencialmente se ramifican y dos que no lo hacen. En estos últimos se desarrolla un meristemo continuo más o menos esférico rodeando un núcleo de tejido capaz de fijar nitrógeno. Los nódulos que pueden ramificarse desarrollan un meristemo apical que los elonga inicialmente; más tarde este meristemo puede dividirse repetidamente (Corby, 1981).

De acuerdo con Corby (1981), los nódulos que potencialmente se ramifican presentan los siguientes tipos; astr

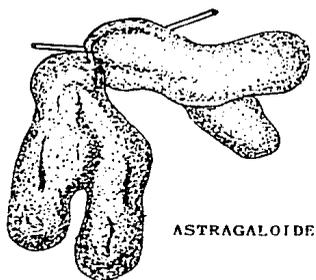
galoide, crotalaroide y lupinoide, mientras que los que no se ramifican se clasifican como aescynomenoide, desmodioide y mucunoide, cada uno con características diferentes en cuanto a forma, tamaño y modo de infección. La fig. 2 representa en forma esquemática dichos tipos nodulares; nótese la inseción del nódulo en la raíz de las leguminosas infectadas.

OBJETIVOS

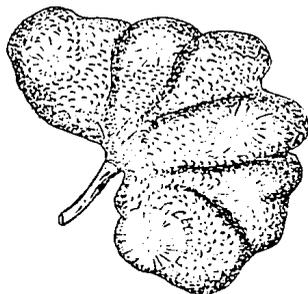
De esta manera, con base en lo expuesto anteriormente, el presente estudio intenta establecer una adecuada descripción de nódulos ofreciendo un panorama de la distribución de las leguminosas e incidiendo en la microbiología de los aislados de Rhizobium correspondientes, empleando para tales fines un área geográfica de gran relevancia botánica.

Los objetivos concretos pueden sumarse de la siguiente forma:

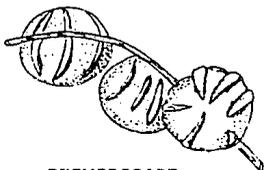
- 1.- Establecer un listado florístico representativo de las especies de leguminosas silvestres presentes en las regiones alta y baja de la Mixteca — Oaxaqueña.
- 2.- Determinar la presencia de nodulación y caracterizarla de acuerdo con el esquema propuesto por Corby (1981).



ASTRAGALOIDE

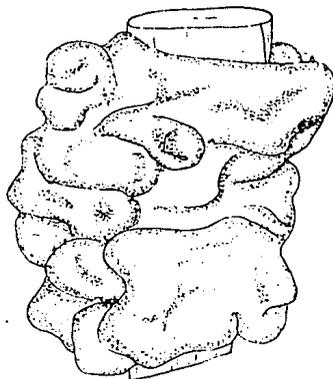
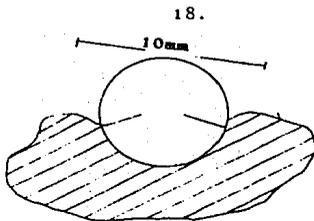
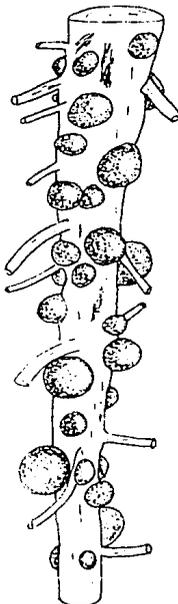


MUCUNOIDE

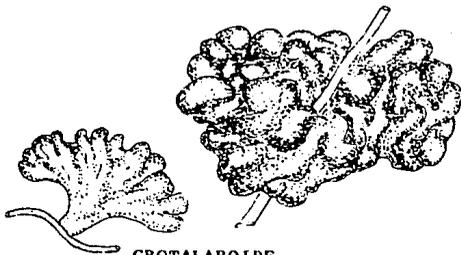


DESMODIOIDE

AESCHYNOMENOIDE



LUPINOIDE



CROTALAROIDE

Fig. 2. Fipos Nodulares (Tomado de Cooby, 1981)

- 3.- Aislar y caracterizar las cepas de Rhizobium a partir de los nódulos de las leguminosas.
- 4.- Presentar algunas generalidades de uso potencial de las leguminosas encontradas que se consideran interesantes en el desarrollo regional.

MATERIAL Y METODOS:

Area de Estudio

La Mixteca Oaxaqueña es una zona geopolíticamente dividida en tres regiones; Mixteca alta, Mixteca baja y Mixteca de la costa. El área de estudio seleccionada para éste trabajo constituye la superficie comprendida por las Mixtecas alta y baja que abarcan un millón seiscientos mil hectáreas y que se encuentra limitada por los estados de Puebla y Guerrero y por los distritos Oaxaqueños de Putla, Sola de Vega, Zaachila, Teotitlán del camino y Etla; su localización geográfica se establece para la Mixteca alta entre los paralelos 16° 49' latitud norte y los meridianos 97°18'-95°54' de longitud oeste, y para la Mixteca baja entre los paralelos 17° 30'-19°30' de latitud norte y los meridianos 97°33'-98°15' de longitud oeste.

Su topografía es muy accidentada con relieve sumamente abrupto debido a las sierras que la cruzan transversalmente y que en unión de las dos grandes cadenas montañosas de México forman al nudo Mixteco; presenta pocos valles, abundantes lomeríos y pendientes muy pronunciadas

El clima se presenta en un mosaico que varía de acuerdo a las zonas fisiográficas establecidas por PRODRIMO (1984).

Aunque en general el ciclo de lluvias en la región es estacional y abarca de mediados de Junio a inicios de Octubre, existen en la región climas semicálidos y cálidos subhúmedos, semisecos templados y templados subhúmedos; de igual manera los tipos de vegetación indicados por PRODRIMO, (1984) (mapa de regionalización fisiográfica Fig. 4) para la región se encuentran muy localizados. Según esta referencia, se presentan asociaciones pino—encino, selva baja caducifolia y zonas de matorral xerófilo sin vegetación. Sin embargo, durante el presente estudio se observaron tipos de vegetación que no coinciden del todo con los indicados en ese trabajo; por lo que intentó describirlos de acuerdo con Rzedowski, (1978) y se efectuó una diferenciación entre selva baja caducifolia o bosque tropical caducifolio y un tipo de vegetación denominado bosque espinoso reportado por Miranda (1963) (citado en Bravo-Hollis, 1978) y por el mismo Rzedowski, (1978) que contiene algunos elementos sobresalientes como son los cactus del género Neobuxbaumia en la Mixteca.

Recorridos de colecta

A fin de abarcar el ciclo de un año, se realizaron cuatro recorridos de aproximadamente mil kilómetros cada

uno, conforme al itinerario mostrado en la (figura 3 en las siguientes fechas; 1).- 24-30 de Octubre de 1984, 2).- a).- 20-30 de Enero de 1985, b).- 19-23 de Marzo de 1985 3).- 5-8 Julio de 1985, 4).- 20-24 de Septiembre de 1985.

Se establecieron 18 sitios de muestreo (tabla II) planeados de acuerdo a un mapa de regionalización fisiográfica (fig. 5) (PRODRIMO, 1984) localizados dentro de cada una de las regiones marcadas en él. Debido a la gran superficie que abarca la Mixteca Oaxaqueña y al mosaico de vegetación y condiciones climáticas que presenta, fue necesario elegir un sistema de muestreo que permitiese cubrir representativamente la flora de leguminosas en la región. Si se examina el mapa de zonación fisiográfica fig. 4 se observará que existen no menos de 12 zonas fisiográficas distribuidas formando manchones en toda el área; por ello, los sitios de muestreo se establecieron intentando que cuando menos uno tocara una zona fisiográfica determinada.

Se colectaron plantas de la familia leguminosae en cada sitio de muestreo y durante cada recorrido, trazando transectos que variaron entre 200 y 1000 metros según la topografía del terreno. Los ejemplares botánicos se encuentran depositados en el laboratorio de Ecología Mi

Tabla II. SITIOS DE MUESTREO

- Localidad**
- 1.- Victoria
 - 2.- Victoria
 - 3.- Chalcatongo
 - 4.- Yosondua
 - 5.- Tierra Azul
 - 6.- Yolomecatl
 - 7.- Magdalena Peñasco
 - 8.- Putla-Juxtlahuaca
 - 9.- Laguna Encantada
 - 10.- Silacayoapan
 - 11.- Silacayoapan
 - 12.- Tonalá
 - 13.- Chazumba
 - 14.- Tamazulapan
 - 15.- Cieneguilla
 - 16.- Nochixtlán-apasco
 - 17.- Apasco
 - 18.- Llano verde

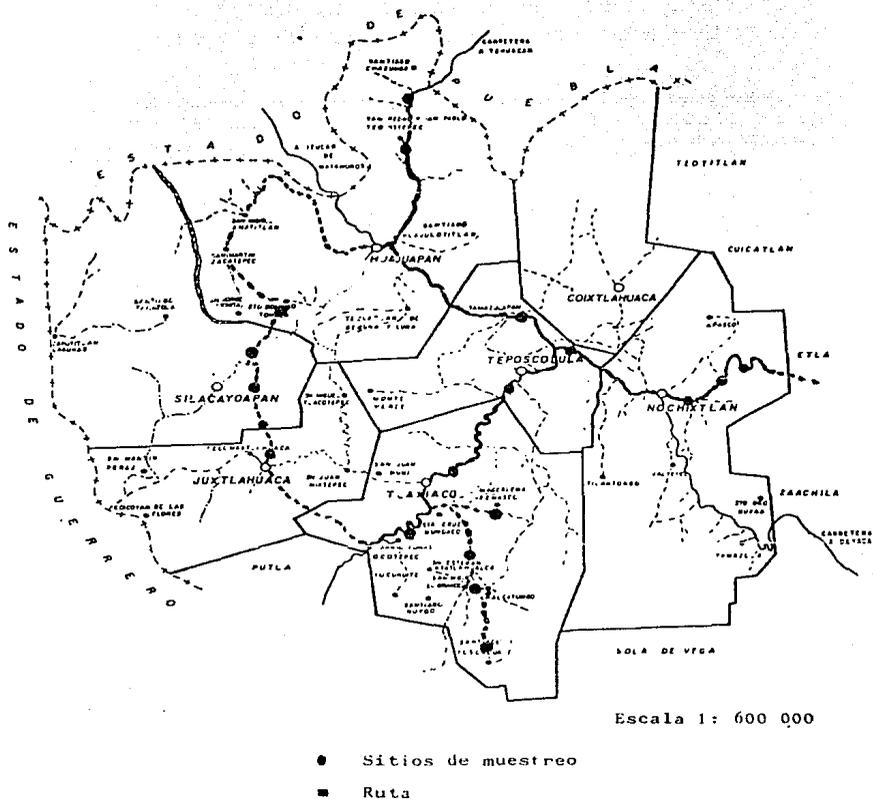


Fig. 3. Mapa de ruta de colecta, Mixteca Oaxaqueña.
(PRODRIMO, 1984)

Tabla III. Zonación fisiográfica (Prodrimo, 1984).**CLIMAS**

A = Semicálidos y Cálidos subhúmedos

B = Semisecos Templados

C = Templados Subhúmedos

FISIOGRAFIA

H = Sierras

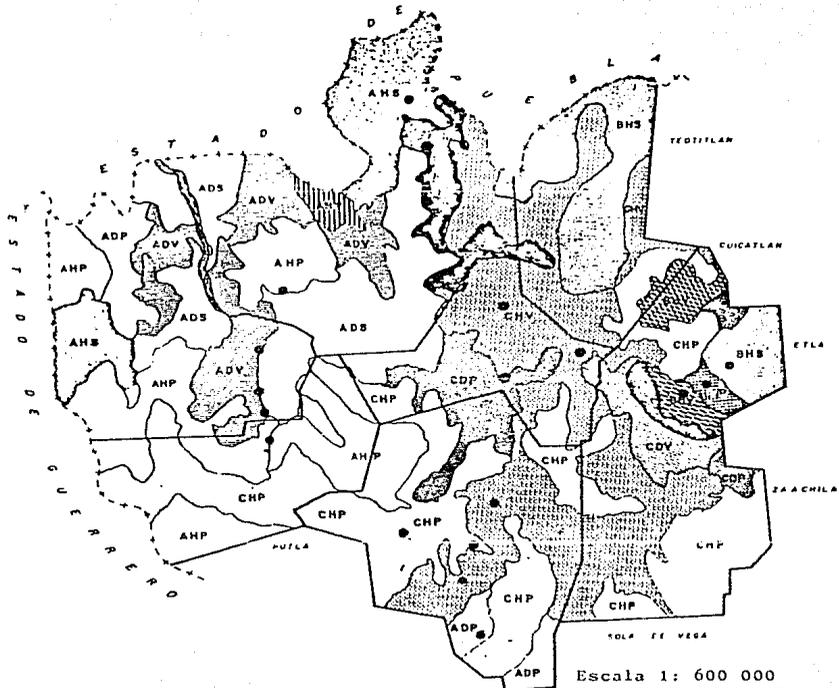
D = Valles y Lomerío

VEGETACION

P = Asociaciones Pino-Encino

S = Selva baja Caducifolia

V = Zonas Arbustivas y/o sin Vegetación



● Sitios de muestreo

Fig. 4. Zonación fisiográfica. (PRODRIMO, 1984)

crobiana del CINVESTAV-IPN, Unidad Irapuato.

Colecta de plantas y clasificación de nódulos

La mayoría de los ejemplares se colectaron con flor y en algunos casos con fruto; solo los ejemplares herbáceos y algunos arbustivos se muestrearon con raíz utilizando una pala y quitando cuidadosamente el suelo para no estropear los nódulos. Estos fueron desprendidos del sistema radical cortando a uno y otro lado de su punto de inserción y se colocaron en tubos de ensaye con sulfato de cobre como desecador; se sellaron con parafilm para su mejor conservación, etiquetándolos según la secuencia numérica de la prensa botánica y la libreta de campo. Se anotaron las características correspondientes a cada ejemplar incluyendo presencia de nodulación, estado del suelo, altitud mediante un altímetro, topografía, tipo de vegetación en donde fueron encontrados y se efectuó la descripción de nódulos in situ de acuerdo con Corby (1981).

Las plantas de hábito arbustivo o arbóreo se colectaron cortando una rama con los elementos necesarios para su identificación pero no se efectuó la revisión de estructuras radicales en su mayoría debido a la profundidad de la raíz.

Identificación de los ejemplares

Las plantas se prensaron cuidadosamente y se trasladaron al laboratorio en donde se colocaron en una secadora durante dos o tres días; se trataron los ejemplares con naftalina para evitar ataques de insectos y se procedió a su identificación mediante el uso de claves botánicas (Standley, 1946; Espinosa, 1979; Standley, 1920; Donovan, et al., 1981). - Los ejemplares fueron autenticados en el herbario Nacional, MEXU. Utilizando también claves para la identificación de las especies del género Dalea del estado de Oaxaca proporcionadas por el Dr. Mario Sousa S., para los géneros de mimosoideae del estado de Morelos, las especies del género Acacia de Tehuacán Puebla, y para los géneros de mimosoideae de Tehuacán Puebla proporcionadas por el Biól. Oscar Dorado R. (Material no publicado).

Se revisaron generalidades de uso potencial de los géneros de leguminosas encontrados de acuerdo con Allen y Allen, (1981), Duke, (1981), y NAS, (1979).

Aislamiento de Rhizobium

Los nódulos colectados se colocaron en agua para rehidratarlos, durante un lapso de 2 a 3 horas, se lavaron con una solución de bicloruro de mercurio al 1% de 3 a 5 minutos,

se enjuagaron con agua destilada estéril por seis veces consecutivas y se sembraron en cajas petri conteniendo medio sólido extracto de levadura manitol (ELMA), cuya composición en gramos/litro es la siguiente.

Medio extracto levadura manitol
(Medio 79) (Vincnt, 1975).

Manitol	10
K ₂ HPO ₄	0.5
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.2
NaCl	0.1
Extracto levadura	1.0
Azul de Bromotimol	5.0 ml (sol. 0.05% en etanol)
pH	7.0
Agar (bioxon)	21.0

Una vez que hubo crecimiento de colonias bacterianas, aproximadamente a las 48 horas, se efectuaron siembras posteriores en medio ELMA sólido hasta obtener colonias puras, se registró el viraje del pH del medio y se resebró cada cepa en tubos con agar inclinado (ELMA) manteniéndose en refrigeración (4°C), efectuando resiembras cada 6 meses. - Dichos aislados pasaron a formar parte de la colección de cepas del laboratorio de Ecología Microbiana del CINVESTAV-IPN, Unidad Irapuato.

Caracterización de Rhizobium

Con objeto de caracterizar las especies de Rhizobium que establecen simbiosis con las leguminosas colectadas con base en la actividad de sus enzimas en el metabolismo del carbono y establecer así las características fundamentales de 63 aislados de Rhizobium comparándolas entre sí, se realizaron 20 pruebas bioquímicas consistentes en observar el crecimiento diferencial de las bacterias en medios con fuentes carbonadas distintas.

En la primera fase se preparó una serie de nueve tubos de ensaye para cada aislado, conteniendo 2 ml de medio ELMA líquido estéril; cuando otra fuente de carbono reemplazó - al manitol se preparó una solución base del compuesto (glutaraldehído, sacarosa, glicerol, maltosa, xilosa, lactosa, glucosa) esterilizándola separadamente mediante filtración con filtros Millipore con membranas de 0.45 μ m de diámetro de poro. Y añadiéndolas en condiciones de esterilidad al medio a una concentración final de 1% (peso/vol.).

En la segunda fase se prepararon una serie de once placas petri conteniendo medio sólido ELMA para cada cepa y se efectuó la sustitución del manitol como fuente carbonada por los siguientes compuestos: ácido cítrico, ácido glutá-

mico, acetato de sodio, glicina, caseína, ácido málico, ácido succínico, ácido láctico y almidón, preparando soluciones base, esterilizándolas separadamente por ultrafiltración con filtros Millipore con membranas de 0.45 μm de diámetro de poro, añadiéndolas al medio a una concentración final de 1% peso/volumen y finalmente ajustando a 7.0 el pH final del medio utilizando una solución de NaOH al 0.1 N estéril.

En ambas fases se sembraron dos tubos o placas por cada aislado, como testigos, uno conteniendo medio ELMA y otro conteniendo medio ELMA sin manitol de modo que en éste último la única fuente carbonada fue el extracto de levadura.

El crecimiento de los aislados de Rhizobium se leyó a las 72 horas a partir de la siembra, o a los 7 días según su velocidad de crecimiento.

RESULTADOS

Al efectuar los recorridos de colecta se observaron cinco tipos de vegetación que se repetían algunas veces en diferentes zonas fisiográficas; se consideraron los más importantes en la Mixteca puesto que abarcan una gran superficie, sin embargo, no son los únicos ya que existen pequeñas áreas con otros tipos de vegetación, como matorral xerófilo.

La Fig. 5 presenta en forma esquemática los principales tipos de vegetación que se observaron durante el presente trabajo. Posteriormente se enlistan las especies de leguminosas colectadas en la región, la presencia o ausencia de nodulación marcada con (+, -); ND (no determinada) para el caso de especies arbóreas y arbustivas a las que no fue posible observar nodulación debido a la profundidad de su raíz. Se describen los tipos de nódulos encontrados, y se presentan las observaciones de campo pertinentes.

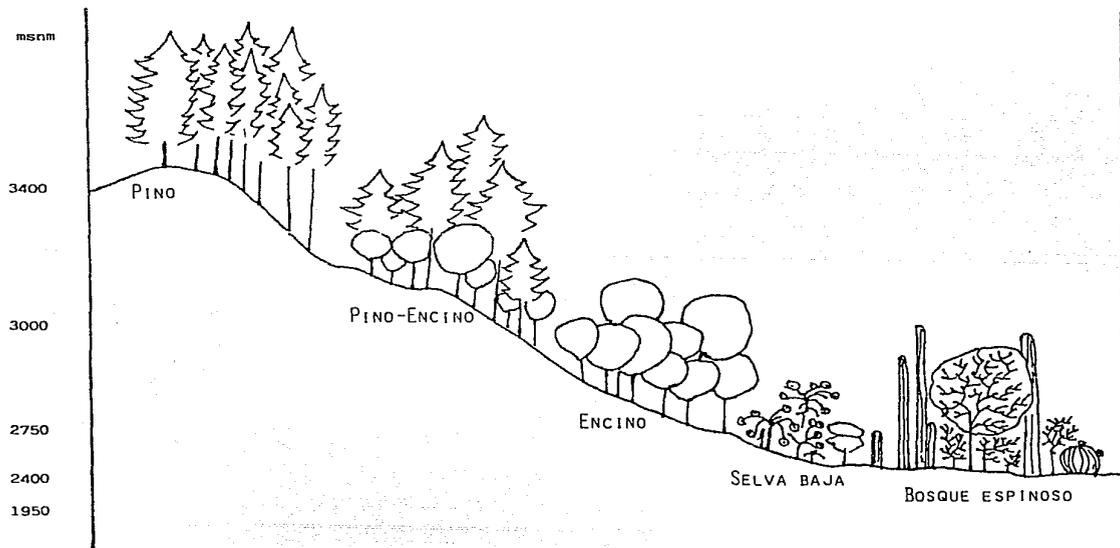


Fig. 5 Tipos más importantes de vegetación encontrados en la Mixteca Oaxaqueña.

Ruta Tlaxiaco - San Miguel.- (aprox. a 20 Km de Victoria) se muestreó en una zona con topografía de sierra, en un bosque de pino a 3400 msnm con clima templado subhúmedo.

ESPECIES COLECTADAS	NODULACION	TIPO DE NODULOS
<u>Lupinus montanus</u> HBK	+	lupinoides

Ruta Tlaxiaco - San Miguel.- (aprox. 23 Km de Victoria) se colectó en la misma zona fisiográfica, en un bosque de pino encino a 3160 msnm con clima templado subhúmedo y topografía de sierra.

ESPECIES COLECTADAS	NODULACION	TIPO DE NODULOS
<u>Astragalus guatemalensis</u> (Hemsl.) Barneby	+	crotalaroides
<u>Cologania glabrior</u> Rose	+	desmodioides
<u>Crotalaria rotundifolia</u> Wind. var <u>rotundifolia</u>	+	crotalaroides
<u>Dalea obovatifolia</u> Ort.	+	"

<u>Desmodium subsesile</u> Schl.	+	desmodioides
<u>Lotus angustifolium</u> (G. Don)		
Smith	+	"
<u>Macroptilium gibbosifolium</u>		
(G. Ort.) A. Delg.	+	"
<u>Medicago polymorpha</u> L.	+	crotalaroides
<u>Trifolium amabile</u> HBK	+	"
<u>Trifolium mexicanum</u> Hemsl.	+	"
<u>Zornia thymifolia</u> HBK	+	Aeschynomenoides

Ruta San Miguel - Chalcatongo. - (aprox. 1 Km antes de Chalcatongo) lomerío con vegetación tipo matorral rosetó filo, altitud 3000 msnm; la zona no se observó erosionada.

ESPECIES COLECTADAS	NODULACION	TIPO DE NODULOS
<u>Macroptilium gibbosifolium</u>		
(G. Ort.) A. Delg.	+	desmodioides
<u>Medicago polymorpha</u> L.	+	crotalaroides
<u>Trifolium ortegae</u> Greene	+	"
<u>Zornia thymifolia</u> HBK	+	Aeschynomenoides

Ruta Chalcatongo - Yosondua. - (aprox. 5 Km de Yoson-

dua) se muestreó a 3000 msnm en un bosque de pino-encino con clima cálido-subhúmedo y topografía de lomerío; se observó una tala sistemática en el área.

ESPECIES COLECTADAS	NODULACION	TIPO DE NODULOS
<u>Dalea foliolosa</u> (Ait) Barneby		
var. <u>foliolosa</u>	+	crotalaroides
<u>Demodium subssesile</u> Schl.	+	desmodioides
<u>Macroptilium gibbosifolium</u>		
(G. Ort.)A. Delg.	+	"

Ruta Tlaxiaco - Teposcolula.- (aprox. 10 Km de Tlaxiaco; 2 Km de tierra azul). Se colectó en un zona con topografía de sierra, clima templado sub-húmedo, tipo de vegetación: bosque de pino-encino a una altitud de 2700 msnm.

ESPECIES COLECTADAS	NODULACION	TIPO DE NODULOS
<u>Aeschynomene americana</u> L.	+	aeschynomenoides
<u>Aeschynomene americana</u> L.		
var. <u>americana</u>	+	"
<u>Calliandra grandiflora</u> (L'Her)		
Benth.	-	-
<u>Cologania</u> sp	+	desmodioides

<u>Crotalaria rotundifolia</u>		
Wind. var. <u>rotundifolia</u>	+	crotalaroides
<u>Crotalaria pumila</u> Ort.	+	"
<u>Dalea foliolosa</u> (Ait.)		
Barneby var. <u>foliolosa</u>	+	"
<u>Dalea humilis</u> G. Don	+	"
<u>Desmodium</u> sp	+	desmodioides
<u>Desmodium aparines</u> (Lindl.) DC.	+	"
<u>Desmodium grahamii</u> Gray	+	"
<u>Desmodium sericophyllum</u>		
Schl.	+	"
<u>Desmodium subsessile</u> Schl.	+	"
<u>Indigofera hartwegii</u> Rydberg.	+	"
<u>Lupinus campestris</u> Schl. & Cham.	+	lupinoides
<u>Macroptilium gibbosifolium</u>		
(G. Ort) A. Delg.	+	desmodioides
<u>Medicago polymorpha</u> L.	+	crotalaroides
<u>Melilotus indicus</u> (L.) All.	+	"
<u>Phaseolus leptostachyus</u> Benth.	+	desmodioides
<u>Psoralea rhombifolia</u> T&G.	+	"
<u>Trifolium amabile</u> HBK	+	crotalaroides
<u>Trifolium gonicarpum</u> Lojac.	+	"

Ruta Tlaxiaco - Teposcolula.- (Localidad Yolomécatl, frente a la subestación Yolomécatl de CFE). La zona presenta topografía de lomerío con clima semi-seco, suelo calizo, vegetación de pino-encino abierta, con árboles de Juniperus sp. muy aislados el área se encuentra localizada a una altitud de 2460 msnm.

ESPECIES COLECTADAS	NODULACION	TIPO DE NODULOS
<u>Acacia farnesiana</u> (L.) Willd.	ND	ND
<u>Astragalus guatemalensis</u>		
(Hemsl.) Barneby	+	crotalaroides
<u>Crotalaria pumila</u> Ort.	+	"
<u>Dalea versicolor</u> Zucc.	+	"
<u>Dalea caeciliae</u> (Harms.) Barneby	+	"
<u>Dalea obovatifolia</u> Lag.	+	"
<u>Dalea humilis</u> G. Don	+	"
<u>Desmodium</u> sp.	+	desmodioides
<u>Desmodium subssesile</u> Schl.	+	"
<u>Macroptilium gibbosifolium</u>		
(G. Ort.) A. Delg.	+	"
<u>Medicago polymorpha</u> L.	+	crotalaroides
<u>Melilotus indicus</u> (L.) All.	+	"

Ruta Tlaxiaco - Magdalena Peñasco.- (Aprox. 2 Km de Magdalena Peñasco). Topografía de sierra, zona arbusti-

va o bien sin vegetación, con clima templado sub-húmedo; suelo altamente erosionado; se colectó en un sitio con matorral xerófilo localizado a 2600 msnm.

ESPECIES COLECTADAS	NODULACION	TIPO DE NODULOS
<u>Aeschynomene americana</u> L.	+	aeschynomenoides
<u>Astragalus guatemalensis</u> (Hemsl.) Barneby	+	crotalaroides
<u>Crotalaria pumila</u> Ort.	+	"
<u>Dalea foliolosa</u> (Ait.) Barneby var. <u>foliolosa</u>	+	"
<u>Dalea obovatifolia</u> Lag.	+	"
<u>Desmodium</u> sp.	+	desmodioides
<u>Desmodium callilepis</u> Hemsl.	+	"
<u>Indigofera hartwegii</u> Rydb.	+	"
<u>Macroptilium gibbosifolium</u> (G. Ort.) A. Delg.	+	"
<u>Marina neglecta</u> (Robins.) Barneby var. <u>neglecta</u>	+	"
<u>Stylosanthes humilis</u> HBK	+	"
<u>Trifolium</u> sp.	+	crotalaroides
<u>Trifolium amabile</u> HBK	+	"
<u>Trifolium goniocarpum</u> Lojac.	+	"

Ruta Tlaxiaco - Juxtlahuaca. - (Aprox. 20 Km. antes del entronque de carreteras Putla-Juxtlahuaca). Zona con topografía de sierra, clima templado subhúmedo altitud 3400 msnm tipo de vegetación bosque de pino-encino.

ESPECIES COLECTADAS	NODULACION	TIPO DE NODULOS
<u>Aeschynomene americana</u> L.	+	aeschynomenoides
<u>Cologania glabrior</u> Rose	+	desmodioides
<u>Crotalaria bupleurifolia</u>		
Schl. & Cham.	+	crotalaroides
<u>Crotalaria mollicula</u> HBK.	+	"
<u>Crotalaria rotundifolia</u> Wind.		
var <u>rotundifolia</u>	+	"
<u>Dalea foliolosa</u> (Ait.)		
Barneby var. <u>foliolosa</u>	+	"
<u>Indigofera suffruticosa</u> Mill.	+	desmodioides
<u>Macroptilium gibbosifolium</u>		
(G. Ort.) A. Delg.	+	"
<u>Trifolium mexicanum</u> Hemsl.	+	crotalaroides

Ruta Juxtlahuaca - Silacayoapan. - (Localidad Laguna Encantada. aprox. 10 Km de Juxtlahuaca). Zona localizada a 2280 msnm, topografía de lomerío y clima semicáli-

do, el tipo de vegetación del área corresponde a selva baja caducifolia en la que destaca como elemento del sotobosque Brahea dulcis (Palma real).

ESPECIES COLECTADAS	NODULACION	TIPO DE NODULOS
<u>Acacia farnesiana</u> (L.) Willd.	ND	ND
<u>Bauhinia</u> sp.	-	-
<u>Dalea</u> sp.	+	crotalaroides
<u>Dalea foliolosa</u> (Ait.)		
Barneby var. <u>foliolosa</u>	+	"
<u>Macroptilium gibbosifolium</u>		
(G. Ort.) A. Delg.	+	desmodioides
<u>Mimosa lacerata</u> Rose	ND	ND
<u>Phaseolus leptostachyus</u> Benth.	+	desmodioides
<u>Senna holwayana</u> Rose	-	-

Ruta Juxtlahuaca - Silacayoapan. - (Aprox. a mitad de la ruta al entronque con la carretera a Silacayoapan).
Altitud 2480 msnm con vegetación de selva baja caducifolia y topografía de lomerío.

ESPECIES COLECTADAS	NODULACION	TIPO DE NODULOS
<u>Acacia macracantha</u>		
H. & B. ex Willd.	ND	ND

<u>Acacia pennatula</u> (Schl. & Cham.) Benth.	ND	ND
<u>Acacia subangulata</u> Rose.	ND	ND
<u>Leucaena esculenta</u> Moc. & Sessé	ND	ND
<u>Lysiloma acapulcense</u> (Kunth.) Benth.	ND	ND

Ruta Silacayoapan - Huajuapán. - (Aprox. 5 Km del entronque de carreteras Juxtlahuaca-Silacayoapan. Altitud 2400 msnm con vegetación de selva baja caducifolia, topografía de sierra y clima semicálido.

ESPECIES COLECTADAS	NODULACION	TIPO DE NODULOS
<u>Acacia bilimekii</u> MacBride	ND	ND
<u>Acacia pennatula</u> (Schl. & Cham.) Benth.	ND	ND
<u>Cologania glabrior</u> Rose	+	desmodioides
<u>Desmodium</u> sp.	+	"
<u>Lupinus bilineatus</u> Benth.	+	lupinoides
<u>Macroptilium gibbosifolium</u> (G. Ort.) A. Delg.	+	desmodioides

Ruta Silacayoapan - Huajuapán.- (Localidad Tonalá, puente Morelos sobre el cañón de Tonalá). Bosque espino so con clima semi-cálido; topografía de sierra, altitud 1950 msnm. En este tipo de vegetación existe una gran densidad de leguminosas arbustivas y arbóreas armadas, mezcladas con cactus del género Neobuxbaumia muy característico en la zona.

ESPECIES COLECTADAS	NODULACION	TIPO DE NODULOS
<u>Acacia subangulata</u> Rose	ND	ND
<u>Brongniartia oligosperma</u> Baill.	ND	ND
<u>Leucaena esculenta</u>		
Moc. & Sessé	ND	ND
<u>Lonchocarpus obovatus</u> Benth.	+	Desmodioides
<u>Lupinus bilineatus</u> Benth.	+	Lupinoides
<u>Marina neglecta</u> (B.L. Robins.)		
Barneby var. <u>neglecta</u>	+	Desmodioides
<u>Mimosa benthamii</u> MacBride	ND	ND
<u>Mimosa lacerata</u> Rose	ND	ND
<u>Pithecellobium pallens</u>		
(Benth) Standl.	ND	ND
<u>Prosopis laevigata</u>		
H. & B. ex Willd.	ND	ND

Senna wislizenii Gray ND ND

Ruta Huajuapán - Chazumba. - (Aprox. 10 Km antes del entronque a Chazumba sobre la carretera Huajuapán-Tehuacan. Zona con topografía de lomerío, vegetación de selva baja caducifolia, clima semi-seco templado y altitud de 2440 msnm.

ESPECIES COLECTADAS	NODULACION	TIPO DE NODULOS
<u>Acacia macracantha</u>		
H. & B. ex Willd.	ND	ND
<u>Chamaecrista nictitans</u> (L).		
Moench	+	desmodioides y aeschnomenoides
<u>Chamaecrista serpens</u> var.		
<u>oaxacana</u> (L.) Barneby	+	desmodioides y aeschnomenoides
<u>Crotalaria acapulcensis</u> HBK	+	crotalaroides
<u>Crotalaria rotundifolia</u> Wind.		
var. <u>rotundifolia</u>	+	"
<u>Desmodium</u> sp.	+	desmodioides
<u>Leucaena esculenta</u> Moc. & Sessé	ND	ND

Macroptilium atropurpureum

D.C. Urban	+	desmodioides
<u>Marina pueblensis</u> (T.S. Brandg.)		
Barneby	+	"
<u>Mimosa brevispicata</u> Britton	ND	ND
<u>Psoralea rhombifolia</u> Torr.		
& Gray	+	desmodioides
<u>Rhynchosia minima</u> (L.) D C.	+	"
<u>Rhynchosia senna</u> A. Gray	+	"
<u>Zornia thymifolia</u> HBK	+	aeschynomenoides

Ruta Tamazulapan - Nochixtlán.- (Aprox. 3 Km de Tamazulapan). Zona con topografía de lomerío, clima templado sub-húmedo, vegetación tipo matorral xerófilo, a una altitud de 2500 msnm.

ESPECIES COLECTADAS	NODULACION	TIPO DE NODULOS
<u>Acacia farnesiana</u> (L.) Willd.	ND	ND
<u>Dalea gregii</u> Gray	+	crotalaroides
<u>Desmodium subsessile</u> Schl.	+	desmodioides
<u>Rhynchosia minima</u> (L.) D C.	+	"
<u>Rhynchosia senna</u> A. Gray var.		
<u>angustifolia</u> A. Gray	+	"

Ruta Huajuapán - Nochixtlán. - (Localidad Cieneguilla, aprox. 1 Km del entronque hacia Teposcolula). Zona localizada a 2850 msnm, con topografía de sierra, clima templado sub-húmedo con vegetación de bosque pino-encino.

ESPECIES COLECTADAS	NODULACION	TIPO DE NODULOS
<u>Astragalus guatemalensis</u>		
(Hemsl.) Barneby	+	crotalaroides
<u>Desmodium</u> sp.	+	desmodioides
<u>Macroptilium gibbosifolium</u>		
(G. Ort.) A. Delg.	+	"
<u>Medicago polymorpha</u> L.	+	crotalaroides
<u>Melilotus indicus</u> (L.) All.	+	"
<u>Trifolium amabile</u> HBK	+	"
<u>Trifolium goniocarpum</u> Lojac.	+	"
<u>Phaseolus leptostachyus</u> Benth.	+	desmodioides

Ruta Nochixtlán- Apasco. - (Aprox. 10 Km a la salida de Nochixtlán). Zona de matorral xerófilo con topografía de lomerío y clima semi-seco templado, altitud 2640 msnm.

ESPECIES COLECTADAS	NODULACION	TIPO DE NODULOS
<u>Acacia farnesiana</u> (L.) Willd.	ND	ND

Dalea foliolosa (Ait)

Barneby var. foliolosa + crotalaroides

Dalea obovatifolia Lag. + "

Macroptilium gibbosifolium

(G. Ort.) A. Delg. desmodioides

Ruta Nochixtlán - Apasco.- (Aprox. 30 Km de Nochixtlán). Bosque de encino, topografía de sierra, localizada a 2750 msnm clima templado semi-seco; el sotobosque presenta una gran densidad de Brahea dulcis (Palma real).

ESPECIES COLECTADAS	NODULACION	TIPO DE NODULOS
<u>Dalea obovatifolia</u> Lag.	+	crotalaroides
<u>Desmodium subssesile</u> Schl.	+	desmodioides
<u>Macroptilium gibbosifolium</u>		
(G. Ort.) A. Delg.	+	"

Ruta Nochixtlán - Apasco.- (Localidad Llano Verde) . Localizada a 2680 msnm, con vegetación de bosque pino-encino, clima semi-seco templado y topografía de sierra.

ESPECIES COLECTADAS	NODULACION	TIPO DE NODULOS
<u>Chamaecrista serpens</u> Greene	+	desmodioides y aeschnomenoides

<u>Crotalaria rotundifolia</u> Wind.		
var. <u>rotundifolia</u>	+	crotalaroides
<u>Dalea humilis</u> G. Don	+	"
<u>Desmodium</u> sp.	+	desmodioides
<u>Macroptilium gibbosifolium</u>		
(G. Ort.) A. Delg.	+	"
<u>Mimosa albida</u>		
H. & B. ex Willd.	ND	ND
<u>Trifolium goniocarpum</u> Lojac.	+	crotalaroides

Tabla IV.
INCIDENCIA DE TIPOS DE NODULOS
EN LOS GENEROS DE LEGUMINOSAS ENCONTRADOS

De acuerdo con el listado florístico, el tipo de nódulos fué constante con todas las especies pertenecientes a un género dado; la incidencia de tipos de nódulos en dichos géneros de leguminosas estudiados es el siguiente:

NODULOS CROTALAROIDES

Género	Tribu	Subtribu
<u>Astragalus</u>	Galegeae	Astragalinae
<u>Dalea</u>	Galegeae	Psoraliinae
<u>Melilotus</u>	Trifolieae	
<u>Medicago</u>	Trifolieae	
<u>Trifolium</u>	Trifolieae	
<u>Crotalaria</u>	Genisteae	Crotalariinae

NODULOS DESMODIOIDES

<u>Desmodium</u>	Desmodieae	Desmodiinae
<u>Stylosanthes</u>	Aeschynomeneae	Stylosanthinae
<u>Phaseolus</u>	Phaseoleae	Phaseolinae
<u>Rhynchosia</u>	Phaseoleae	Phaseolinae
<u>Macroptilium</u>	Phaseoleae	Phaseolinae

<u>Cologania</u>	Phaseoleae	Glycininae
<u>Psoralea</u>	Galageae	Psoraliinae
<u>Marina</u>	Galegeae	Psoraliinae
<u>Indigofera</u>	Galegeae	Indigoferinae
<u>Lonchocarpus</u>	Dalbergieae	Lonchocarpinae
<u>Lotus</u>	Loteae	
<u>Chamaecrista</u>	Cassieae	Cassiinae

NODULOS LUPINOIDES

Género	Tribu	Subtribu
<u>Lupinus</u>	Genisteae	Spartiinae

NODULOS AESCHYNOMENOIDES

<u>Zornia</u>	Aeschynomeneae	Poiretiinae
<u>Aeschynomene</u>	Aeschynomeneae	Aeschynomeninae
<u>Chamaecrista</u>	Cassieae	Cassiinae

**PRUEBAS BIOQUIMICAS DE LOS AISLADOS
DE RHIZOBIUM**

Como se mencionó anteriormente se obtuvieron 63 aislados de Rhizobium a partir de leguminosas encontradas en el área de estudio, las características bioquímicas de dichos aislados se presentan en las siguientes tablas:

Tabla V.

PRUEBAS BIOQUIMICAS DE LOS AISLADOS DE Rhizobium

E S P E C I E	<u>Trifolium sp.</u>	<u>Trifolium amabile</u>	<u>Trifolium gonocarpum</u>	<u>Trifolium mexicanum</u>	<u>Zornia thymifolia</u>
No. de Aislados	1	5	2	2	2
Glutaraldehido	-	-	-	-	-
Sacarosa	+	+	+	+	+
Glicerol	+	+	+	+	+
Maltosa	+	+	+	+	+
Xilosa	-	+	+	+	+
Lactosa	-	+	+	+	+
Glucosa	+	+	+	+	-
Ac. citrico	-	-	-	-	+
Ac. glutamico	-	+	-	-	+
Ac. acetico	-	-	-	-	+
Glicina	-	-	-	-	+
Caseina	-	-	-	-	-
Ac. malico	-	-	-	-	+
Ac. succinico	-	-	-	-	+
Ac. lactico	-	+	-	-	+
Almidón	+	+	+	+	+
pH ELMA	Acido	Acido	Sin cambio	Acido	Sin cambio

Tabla V Cont.
PRUEBAS BIOQUIMICAS DE LOS AISLADOS DE Rhizobium

E S P E C I E	<u>Macropitilium gibbosifolium</u>	<u>Medicago polymorpha</u>	<u>Melilotus indicus</u>	<u>Phaseolus leptostachyus</u>
No. de Aislados	3	11	7	5
Glutaraldehido	-	-	-	-
Sacarosa	+	+	+	+
Glicerol	+	+	+	+
Maltosa	+	+	+	+
Xilosa	+	+	+	+
Lactosa	+	+	+	+
Glucosa	+	+	+	+
Ac. citrico	+	-	-	+
Ac. glutamico	+	+	+	+
Ac. acetico	+	-	-	-
Glicina	+	-	-	-
Caseina	-	-	-	-
Ac. malico	+	+	+	-
Ac. succinico	+	+	+	-
Ac. lactico	+	+	+	+
Almidón	+	+	+	+
pH ELMA	Acido	Acido	Acido	Acido

Tabla V Cont.
 PRUEBAS BIOQUIMICAS DE LOS AISLADOS DE Rhizobium

E S P E C I E	<u>Dalea versicolor</u>	<u>Desmodium sp.</u>	<u>Desmodium subssesile</u>	<u>Lupinus montanus</u>
No. de Aislados	1	3	3	2
Glutaraldehido	-	-	-	-
Sacarosa	+	+	+	+
Glicerol	+	+	+	+
Maltosa	+	+	+	+
Xilosa	+	+	+	+
Lactosa	+	+	+	+
Glucosa	+	+	+	-
Ac. citrico	-	+	+	-
Ac. glutamico	+	+	+	+
Ac. acetico	-	+	+	-
Glicina	-	-	+	-
Caseina	-	+	+	+
Ac. malico	+	+	+	-
Ac. succinico	-	-	-	-
Ac. lactico	+	+	+	-
Almidón	+	+	+	+
pH ELMA	Acido	Acido	Acido	Basico

Tabla V. Cont.
PRUEBAS BIOQUIMICAS DE LOS AISLADOS

DE Rhizobium

E S P E C I E	<u>Crotalaria mollicula</u>	<u>Crotalaria pumila</u>	<u>Dalea foliolosa</u>	<u>Dalea humilis</u>	<u>Dalea obovatifolia</u>
No. de Aislados	1	7	3	4	1
Glutaraldehido	-	-	-	-	-
Sacarosa	+	+	+	+	+
Glicerol	+	+	+	+	+
Maltosa	+	+	+	+	+
Xilosa	+	+	+	+	+
Lactosa	+	+	+	+	+
Glucosa	+	+	+	+	+
Ac. citrico	+	+	-	-	-
Ac. glutamico	+	-	+	+	+
Ac. acetico	+	-	-	-	-
Glicina	+	-	-	-	-
Caseina	-	+	-	-	-
Ac. malico	+	+	+	+	+
Ac. succinico	+	-	+	+	-
Ac. lactico	+	+	+	+	+
Almidón	+	+	+	+	+
pH ELMA	Acido	Acido	Acido	Acido	Acido

USO POTENCIAL DE LOS GENEROS DE LEGUMINOSAS

PRESENTES EN LA MIXTECA OAXAQUEÑA.

(Allen y Allen, 1981; Duke, 1981; Nas., 1979)*.

Acacia. (huizache, espino, toritos, quixo-quitope|za poteco|, yaga-ñupi|zapoteco|).-La utilidad del género Acacia es bien conocida; va desde las particularidades de su madera que es muy dura y densa, altamente durable para mangos de herramientas, hasta su utilización como combustible dado que estos arbustos son bastante frecuentes en áreas donde la fuente de combustible es muy limitada.

Este género es también importante debido a su alto contenido de taninos y gomas.

Aeschynomene. (chipile|oaxaca).- Aeschynomene americana y A. indica constituyen un buen forraje y un buen abono verde, A. americana ha tenido un uso extensivo como cobertura de suelos en áreas pantanosas en Java, como abono verde en América tropical y en Indonesia, recientemente se han desarrollado tratamientos extensivos de suelos en E.E.U.U. sembrando esta planta.

Astragalus. (Cascabelito).- La importancia de este género puede ser considerado desde tres puntos de vista:

* Los nombres vulgares en español, mixteco, zapoteco, chontal y chinanteco fueron tomados de Martínez, 1979.

como plantas indicadoras de selenio, indicadoras de uranio y como plantas tóxicas. El género Astragalus presenta las únicas especies de leguminosas que pertenecen al llamado grupo Beath de indicadores de selenio, más aún son los miembros más importantes del grupo.

Beath et al., (citado en Allen y Allen, 1978) encontraron 30 especies de Astragalus que mostraban un crecimiento vigoroso en áreas seleníferas. Dependiendo de la especie, Astragalus puede almacenar desde 10-79 ppm de selenio hasta 640-5119 ppm de dicho elemento; el olor característico a ajo de las plantas de este género indicadoras de selenio está en proporción directa con la cantidad de dicho elemento acumulado.

Se ha citado Astragalus garbancillo como indicador de uranio en Perú y A. pattersoni en un evento similar en Nuevo México; A. dechinatus como indicador de depósitos hidrotermales de cobre-molibdeno en la Unión Soviética.

Algunas especies de Astragalus causan efectos acumulativos de toxina llamada locoina sobre animales de pastoreo en áreas donde estas plantas crecen. Los síntomas más frecuentes por ingestión son alucinaciones, delirio, visión defectuosa, baja capacidad para agruparse en re-

baño etc.

Brongniartia. (limoncillo). No se reporta uso.

Calliandra. (huajillo prieto, plumita, canela, lipa-quish-co-mo|chontal|) Además de su valor ornamental, todas las especies de este género tienen propiedades como retenedoras de suelo y algunas sirven como forrajeras.

En México los extractos de raíz de Calliandra grandiflora se usan como remedio para enfermedades de los ojos, diarrea e indigestión. La raíz de C. anomala (Kunth.) Mach. se usan en México y América Central para retardar la fermentación del tepache.

Chamaecrista. Es una planta herbácea rastrera muy ramificada que se encuentra bien nodulada, por tal razón su uso es muy posible como control de erosión y mejoramiento de suelos.

Cologania. Algunas especies de Cologania tienen valor como plantas de ornato (Duke, 1981).

Crotalaria. (chepil, chipil).- El género Crotalaria contiene especies que han sido satisfactoriamente probadas como un cultivo a utilizar como abono verde en rota

ción con papas, tabaco, y trigo y como enriquecedoras de suelo en algunos otros cultivos.

Dalea. Todas las especies de Dalea están bien adaptadas a suelos pobres; las especies herbáceas y arbustivas muy ramificadas tienen alto valor en suelos susceptibles a erosión, como control del fenómeno.

Muchas especies silvestres de este género contribuyen como forrajeras pero que aunque no se han reportado especies venenosas no existe una buena palatabilidad para el ganado a causa probablemente de las resinas y aceites esenciales en el follaje glanduloso de algunas especies. Muchas de las especies perennes son valiosas como cultivo rotatorio.

Desmodium. Los miembros de este género son plantas pioneras importantes proporcionando cubierta vegetal al suelo, y como control de erosión en áreas desnudas, sin embargo los desmodia usualmente desaparecen cuando otra capa vegetal se desarrolla y la sombra se vuelve muy pronunciada.

Aunque muchas especies de este gran género ocurren en tremezcladas en el forraje ramoneado por el ganado en los lugares de pastizal, las especies con valor forraje

ro son pocas y su cultivo comercial es limitado.

Indigofera. (Nocuana-cohui |zapoteca|, moi-tza |chi nanteco|) Algunas especies de Indigofera son apropiadas como cobertura vegetal para el suelo, como abonos verdes debido a su hábito herbáceo y rastrero y en la extracción de tinturas.

Leucaena. (Guía-laa-laa, guija-taa |zapoteco|, tepe guaje).- El género Leucaena y en particular L. leucocephala ha demostrado ser un excelente fuente de proteínas como alimento para ganado dado que su valor nutritivo es igual o superior a la alfalfa.

La planta es usada también para controlar erosión, en conservación de agua, reforestación y mejoramiento del suelo. Es un buen cultivo para utilizarse como abono verde.

En Oaxaca el fruto de la Leucaena sirve como alimento humano complementando algunos platillos; asimismo, las semillas de Leucaena tostadas son un buen sustituto del café. Una decocción de la raíz de esta planta se usa como anticonceptivo en América Latina.

En los rumiantes (ganado vacuno, ovino, caprino) — leucaena no ha tenido ningún efecto en la concepción, —

sin embargo en pruebas con ratas la fertilidad se redujo, (Duke, 1981).

Lonchocarpus. L. obovatus (Palo Blanco).- La madera de las especies del género Lonchocarpus es dura y pesada, no es fácil de trabajar, por lo que su uso se reserva para postes de energía eléctrica, combustible y carbón. Las raíces de los árboles de este género presentan rotenona que se puede utilizar como insecticida.

Lotus. (Pata de pájaro).- Algunas especies de éste género tales como L. corniculatus y L. pendunculatus tienen valor agronómico como pastura y cobertura vegetal para los suelos; sin embargo no se reporta uso para L. angustifolium que fué colectado en la Mixteca Oaxaqueña.

Lysiloma. (éban|oaxaca|, Laa-guia|mixteco|).- Su madera es utilizada en la fabricación de muebles finos y es conocida como Sabcú, es dura y resistente a ataques de hongos e insectos.

Los extractos de corteza de muchas especies se utilizan en México para curtiduría puesto que presentan un alto contenido de taninos.

Lupinus. El género Lupinus es útil en general para es

tablecer cultivos con buenos rendimientos como abono verde. Utilizando este género para iniciar plantíos en suelos de bosque empobrecidos susceptibles de erosión o áreas desnudas con buena precipitación. Actúa como pionero creando condiciones que inducen a otras especies a crecer, reteniendo y mejorando la calidad del suelo de modo que se establece una buena asociación vegetal en áreas con problemas agrícolas o forestales.

Macroptilium. M. atropurpureum (Jicamita, jícama de cerro; Siratro). Usado principalmente para el pastoreo del ganado; se encuentra entre las leguminosas más importantes para pastura en Australia, Brasil y México; a causa de su hábito rastrero es capaz de competir con el pasto de crecimiento rápido, siendo así una leguminosa ideal para su uso como pastura picada, en programas de henilaje o bien como pastura de reserva para el invierno (en Florida). No proporciona un buen ensilaje sin una buena adición de melazas; es una excelente fuente de alimento para la vida silvestre ya que las semillas son consumidas por las codornices, palomas y guajolotes, mientras que las plantas y los botones florales por los venados.

Los plantíos comerciales se utilizan en la alimenta-

ción de codornices y ganado. El Siratro es un cultivo que proporciona cubierta vegetal excelente a los suelos puesto que es resistente a la sequía.

En Australia se utiliza para cubrir las orillas de las carreteras y vías férreas, así como aprovechar los depósitos recientes de lava en otras partes del mundo.

Establece una buena nodulación con el consiguiente aporte de nitrógeno.

Marina. No se reporta uso.

Medicago. (Goba-bicinaxtilla |zapoteco|, guia-nocuanato-bichi-na |zapoteco|, alfalfa).- Planta forrajera y controladora de erosión, en Oaxaca M. polymorpha es conocida como carretilla y tiene posibilidades de uso iguales a M. sativa.

Melilotus. (Canacua).- Las especies de Melilotus están fuertemente relacionadas con Medicago y Trigonella. Se desarrollan mejor en áreas con clima templado que en clima cálido; son moderadamente resistentes a la sequía y tienen marcada preferencia por suelos alcalinos dado que son muy poco resistentes a suelos ácidos.

Tienen mucho valor como forrajeras, abono verde, mejoradoras de suelo, controles de erosión y como cobertura vegetal en suelos empobrecidos. Las raíces penetran el suelo profundamente y sobre ellas la descomposición estimula la actividad dinámica microbiana que resulta en el favorecimiento de la agregación de partículas de suelo; de esta manera la estructura del suelo se ve mejorada.

Todas las especies de Melilotus presentan en mayor o menor grado un compuesto utilizado como rodenticida o bien en medicina, con propiedades anticoagulantes; el dicoumarol; que se origina a partir de coumarina, por lo que es necesario una investigación a fondo sobre la explotación de Melilotus a este respecto.

Mimosa. (uña de gato, timbre).- Generalmente se encuentra en suelos calizos sedimentarios, ígneos o con alto contenido de grava y muy secos; algunas especies habitan en bosques abiertos húmedos o secos.

En general las especies herbáceas de Mimosa son consideradas mala hierba en zonas agrícolas; pero en general son buenas retenedoras de suelo y proporcionan cubierta vegetal.

La madera de las especies arbustivas es utilizada como combustible; en Oaxaca el "timbre" (Mimosa lacerata Rose). Se utiliza en curtiduría por su alto contenido de taninos. Algunos agricultores tradicionales en el área de la Mixteca permiten que el "timbre" permanezca en bajas densidades en los cultivos de maíz debido al conocimiento empírico de las propiedades de esta planta como mejoradora de las condiciones del suelo.

Phaseolus. (P. Leptostachyus).- No se reporta uso pero dada su buena nodulación es posible obtener material genético microbiano útil en estudios de inoculación con otras especies del género Phaseolus.

Pithecellobium. (guamúchil), yaga-pequiche [zapoteca], ticuahndi [mixteco], múchil).- Los representantes de este género se encuentran en áreas aluviales en suelos arenosos, calizos y en bosques secos o húmedos; algunas especies son resistentes a la sequía. Muchas especies arbóreas se utilizan como sombra en plantaciones de café, té o cacao. En México las semillas con su pulpa provenientes de P. dulce se consumen crudas o tostadas; o bien son usadas en la preparación de bebidas no alcohólicas.

Tiene bajo potencial como género maderable, sin embargo algunas especies son utilizadas para carpintería.

Prosopis. (mezquite).- Todas las especies de este género son consideradas favorablemente en sus comunidades. Las especies de Prosopis se utilizan como barreras vivas, rompe-vientos, mejoradoras del suelo, forrajeras, etc. Son muy adaptables a condiciones de extrema sequía, su madera es compacta y pesada, resistente al ataque de hongos, termitas y a procesos de descomposición en general, se utiliza para fabricar mangos de herramientas, postes de alambrado y suelos de parquet para construcciones, rinde también un buen carbón y es un buen combustible. Los frutos tienen un alto contenido de azúcar, lo que contribuye a su palatabilidad para el ganado. Algunos panes en México se elaboran con harina de las vainas del mezquite y son llamados mesquitamales. Las flores rinden una buena miel cuando son visitadas por abejas de regiones áridas.

Psoralea. Todas las especies del género tiene propiedades como mejoradoras del suelo y cubierta vegetal; su cultivo ha sido recomendado pero se practica muy esporádicamente y solo fuera de México.

Rhynchosia. (ojo de culebra, frijol de chintlatlahua). Todas las especies sirven como cobertura de suelo y en el control de la erosión. Algunas presentan palatabilidad para el ganado son resistentes a condiciones de pH altas en el suelo; generalmente habitan suelos calizos.

Senna. (tu-ita-timi |mixteco|, flor de secreto, to-toncaxihuitl) En general, las especies de Senna han probado no ser satisfactorias como forrajeras, abonos verdes o mejoradoras de suelo a causa de su bajo rendimiento, lenta tasa de crecimiento, y alta susceptibilidad al ataque de insectos y hongos, lenta descomposición, propiedades tóxicas y baja palatabilidad para el ganado.

Stylosanthes. Stylosanthes humilis ('Townsville stylo'). Se ha utilizado actualmente en Australia para incrementar la fertilidad del suelo en áreas tropicales; es la primera vez que se utiliza esta especie, así como Macroptilium atropurpureum en agricultura extensiva con este fin. Las áreas cultivadas con estas dos especies de leguminosas presentaron una adecuada fertilidad del suelo y pudieron ser abiertas así a otros cultivos.

Trifolium. (Quie-too-castilla |zapoteco-español|. Las especies de este género tienen valor como controladoras

de erosión, forrajeras y cultivos rotatorios.

Zornia. El habitat de las especies del género Zornia es usualmente áreas semi-áridas, bosques semi-áridos abiertos, sabanas con pastos y suelos arenosos Zornia thymifolia HBK ha mostrado prometer mucho como cultivo forrajero, su follaje se almacena como heno para caballos en el Sudán Francés, Nigeria y Zimbawe.

Aparentemente esta especie contiene saponinas que producen espuma en el agua y ocasionalmente se ha hecho referencia a ellas como el jabón del hombre pobre.

DISCUSION

La Mixteca Oaxaqueña presenta un mosaico muy extenso en cuanto a fisiografía, condiciones climáticas y tipos de vegetación; a causa de su especial situación geográfica, los factores de precipitación y temperatura están condicionados por una serie de elementos circunscritos a zonas muy pequeñas de manera extremadamente puntualizada.

Denominada formación Tiñú geológicamente hablando, la región presenta suelos sedimentarios que son los más antiguos en la república (García, 1982)* ; la naturaleza de estos suelos, la topografía del terreno así como la tala inmoderada de especies arbóreas a través del tiempo, se conjugan para provocar una rápida erosión y el acarreo de materiales hacia la garganta de las montañas, dejando un suelo pobre que en algunas regiones carece de vegetación.

La detección de especies silvestres de leguminosas en la flora local que contribuyan a aliviar un poco el problema, es muy importante, más aún teniendo en cuenta que

* García, M., 1982. Com. pers. Instituto de Geología UNAM., México.

la agricultura se desarrolla en pequeños predios que a veces se encuentran en peligro de desaparecer por la acción de este fenómeno. Las leguminosas silvestres y cultivadas juegan también un papel destacado en la economía de la zona puesto que existe, según los resultados, un importante número de especies utilizables como forrajeras, controladoras de erosión, productoras de metabolitos secundarios industrializables, reforestación y alimento humano.

El hecho que México constituye hoy una zona de influencia mixta de los elementos florísticos neotropical y holártico queda remarcado con la distribución de las leguminosas en la Mixteca puesto que los resultados obtenidos muestran la presencia del género Dalea de origen Europeo en comparación con los géneros Prosopis y Brongniartia de influencia Sudamericana que fueron encontrados también en esta región.

Por otra parte, los tipos de vegetación más importantes descritos aquí no representan zonas de transición puesto que en muchos casos existe un continuo cuyos extremos son claramente diferentes pero cuya división en unidades discretas tiene que ser arbitraria; sin embargo los sitios de muestreo fueron establecidos en zonas

definidas dentro de regiones fisiográficas bien determinadas.

Los resultados de las colectas realizadas muestran que en diferentes tipos de vegetación, la representación de leguminosas varía en alto grado, esto es consistente con Rzedowski, (1978) quien indica diferentes porcentajes de incidencia de leguminosas en los distintos tipos de vegetación. Los géneros de esta familia encontrados en particular en bosques de encino son muy escasos y presentan una gran distribución en toda la mixteca; el hecho de que existan tan pocos géneros representados aquí, puede deberse en parte a las características de humedad de la zona de encinar puesto que para la Mixteca alta se reporta como de clima semiseco templado. Las leguminosas están mucho mejor representadas en bosques mixtos de pino-encino y en selvas bajas caducifolias, lo que parece encontrar su significado en las condiciones climáticas y de densidad del estrato arbóreo.

Este es un aspecto interesante puesto que Rzedowski, — (1978) considera que en los bosques de encino se presentan características climatológicas similares a los bosques de pino o a los bosques mixtos pino-encino. Sin embargo, también menciona que existen encinares puros o casi puros en regiones con clima semi-seco cuya composición con respecto

al estrato herbáceo es francamente pobre, lo cual parece ocurrir en la zona de encinar cercana a Nochixtlán que presenta en el sotobosque elementos florísticos típicamente xerófilos como Brahea dulcis, Opuntia sp. y otros géneros de la familia cactaceae, y que además presenta erosión avanzada.

Aunque las condiciones climáticas de la selva baja caducifolia son por lo general secas o semi-secas la mayor parte del año, se presenta una buena cantidad de géneros diferentes de leguminosas, ya que a juzgar por los resultados obtenidos, dichos géneros presentes en este tipo de vegetación en su mayoría son arbóreos o arbustivos y existen pocos elementos anuales herbáceos al contrario de lo que ocurre en bosques mixtos. Lo anterior no es contradictorio con lo que ocurre particularmente en el bosque de encino muestreado que presenta también un clima semi-seco templado, puesto que la selva baja caducifolia se desarrolla por debajo de la cota de 2000 msnm (Rzedowski, 1978), mientras que el encinar se encuentra a 2750 msnm. La diferencia en la composición florística de ambos tipos de vegetación parece estar determinada así, por factores altitudinales.

La amplia distribución de las leguminosas en la Mixteca hace difícil la revisión y colecta de los nódulos radicales,

sin embargo, a excepción de ejemplares arbóreos y arbustivos cuya raíz profunda imposibilita la detección de tales estructuras y que deben estar sujetos a estudios posteriores de inoculación de plántulas con suelo de la región, se obtuvo una buena cantidad de información en cuanto a la presencia y características de los tipos nodulares. Dicha revisión se efectuó tanto en ejemplares en floración como en aquellos que no habían alcanzado aún esta etapa, ya que de acuerdo con Corby, (1981) todos los tipos de nódulos son esféricos en sus primeras etapas de desarrollo y adquieren sus características diferenciales más tarde, por lo que se describen en la madurez. Aunque las especies anuales presentan senescencia en los nódulos cuando la planta se encuentra en floración o a su término debido a que el aporte de fotosintatos está mucho más dirigido hacia la formación de fruto que hacia cualquiera otra actividad durante esta etapa fenológica de la planta, Allen y Allen, (1981) encontraron que en especies tropicales silvestres la senescencia no es tan importante.

Algunas especies tropicales de leguminosas presentan nódulos perennes debido a la presencia de lenticelas en la peridermis, a la actividad meristemática continua y a sus sistemas vasculares extensivamente desarrollados (Harris, et al., 1949), citado en Allen y Allen (1981).

La incidencia del tipo de nódulos fue constante según los resultados, en todas las especies pertenecientes a un género dado; se esperaría encontrar el mismo tipo de morfología nodular en géneros íntimamente relacionados. Sin embargo, al revisar la literatura para establecer una correlación entre géneros de leguminosas pertenecientes a una misma tribu se encontró que Astragalus y Dalea de la tribu Galegeae (Allen y Allen, 1981) presentan nódulos crotaloides, mientras que Psoralea, Marina e Indigofera de la misma tribu, presentaron nódulos desmodioides, lo que parece indicar que pertenecen a un grupo dimórfico como lo menciona Corby (1981). Un análisis de los otros géneros de leguminosas estudiados muestra que la característica morfológica - del nódulo es la misma para géneros relacionados tribal y subtribalmente. (Ver incidencia de tipos de nódulos en los géneros de leguminosas encontrados).

Algunos hechos interesantes en relación con el fenómeno de nodulación en las especies de leguminosas en este estudio se refieren a que el género Aeschynomene que presenta nodulación en el tallo según Eaglesham, 1985* y que fue encontrado en la Mixteca sin detectarse este tipo poco común de nodulación, presenta nódulos Aeschynomenoides al igual que dos géneros relacionados pertenecientes a la misma tri

*Eaglesham, A., 1985. Com. Pers. Boyce Thompson Institute, New York, USA.

bu: Zornia y Arachis éste último no presente en estado silvestre en el área. Surge la inquietud de saber si estos dos géneros pueden establecer nodulación en tallo; sin embargo, este tipo de nodulación sólo se establece en condiciones de humedad extrema, que en ningún caso fue encontrada en la mixteca por lo que deben conducirse estudios de invernadero que permitan dilucidar la cuestión adecuadamente; las implicaciones ecológicas que tiene lo anterior parecen ser muy interesantes; un ejemplo es el hecho de que la bacteria simbiote, no tendría que competir con la microflora del suelo por nutrientes y sitios de infección.

Otro hecho interesante es la presencia de dos tipos de nódulos morfológicamente diferentes: desmodioides y aeschy nomenoides en un solo género de Caesalpinioideae: Chamaecrista con dos especies (Chamaecrista nictitans y Chamaecrista serpens), los ejemplares estudiados presentaron los dos tipos nodulares en una sola planta; no se sabe si estos nódulos son formados por un mismo Rhizobium aunque como lo menciona Dart, 1977 la forma del nódulo está dictada por la información genética de la planta huésped y no por la bacteria simbiote.

Como ya se mencionó anteriormente Chamaecrista parece ser uno de los pocos géneros de Caesalpinioideae que nodulan

Allen y Allen, 1981 proponene que algunas de las barreras más importantes que presentan las plantas de esta subfamilia a la infección por Rhizobium son la presencia de una corteza muy desarrollada y dura en la raíz, la presencia de compuestos tóxicos como fenoles y fitoalexinas liberadas por la raíz; la carencia de proteínas de reconocimiento como las lectinas, etc..

Por otra parte, la mayor parte de los trabajos de investigación sobre leguminosas y sus microsimbiontes se ha conducido con especies templadas. Con la creciente importancia de las especies tropicales ha habido errores de generalización de conceptos cuando son utilizados resultados obtenidos con leguminosas templadas como determinantes de comportamiento de las leguminosas tropicales (Norris, 1968 citado en Vidor, 1983). Por lo tanto es necesario conocer microbiológicamente las especies de Rhizobium en relación con la simbiosis que establecen con leguminosas tropicales, a este respecto, las pruebas bioquímicas a que fueron sometidos los aislados de Rhizobium permiten establecer afinidades entre estos. Los resultados obtenidos de estas pruebas metabólicas muestran que los Rhizobia de rápida tasa de crecimiento son capaces de — utilizar como fuente de carbono un amplio rango de hexosas, pentosas, disacaridos, trisacaridos y ácidos orgáni

cos (ver Tabla de pruebas bioquímicas) lo que es consistente con lo reportado por Stowers (1985). Mientras que los *Rhizobia* de baja tasa de multiplicación están más limitados en su habilidad para usar diversas fuentes de carbono como lo muestran los aislados de Lupinus montanus. Estas pruebas bioquímicas permiten establecer diferencias entre aislados, pero no muestran la especificidad si ésta existe, de Rhizobium al establecer simbiosis con las diferentes especies de leguminosas encontradas, para ello, - es necesario efectuar pruebas de inoculación cruzada in vitro en dichas leguminosas y con las cepas aisladas; esto es, establecer pruebas de laboratorio dirigidas a observar los postulados de Koch; lo que, sin embargo, excede los objetivos propuestos en esta tesis. Por otra parte durante el desarrollo del trabajo se encontró que el método de desecación de los nódulos, traslado y por fin desinfección y siembra en medios artificiales no fue del todo satisfactorio puesto que se aislaron 63 cepas de Rhizobium de 18 especies de leguminosas, cuando la cantidad de especies reportadas noduladas es sustancialmente superior. Es probable que deban ensayarse otro tipo de metodologías que impidan la pérdida de material microbiano; quizás, desinfectar in situ los nódulos y sembrar los de inmediato en extracto levadura manitol.

Por otro lado, en comparación con la escasa nodulación natural encontrada en especies de leguminosas silvestres del Estado de Nuevo León según el estudio realizado por Herrera (1984) quien examinó la presencia de Rhizobium en Acacia rigidula, A. wrightii, A. farnesiana, Prosopis glandulosa, Parkinsonia aculeata, Indigofera lindheimeriana, Dalea lutea, Leucaena sp. y Caesalpinia mexicana, en el cual se encontró nodulación solo en Dalea y en Indigofera; los resultados obtenidos en el presente trabajo muestran una amplia ocurrencia de nodulación en leguminosas silvestres de la Mixteca. Sin embargo, la limitada nodulación en especies de Nuevo León estudiadas parece explicarse debido a la baja nodulación reportada en la literatura para las especies pertenecientes a la subfamilia mimosoideae y caesalpinioideae que en ese caso constituyen la mayoría de especies estudiadas.

Por último, de acuerdo a lo anteriormente expuesto cabe concluir que la Mixteca Oaxaqueña presenta una riqueza florística importante en cuanto a leguminosas y sus microsimbiontes de la que es posible obtener conocimientos que redunden en un mejor aprovechamiento de los recursos renovables con los que cuenta la región.

BIBLIOGRAFIA

- Allen, O., y E., Allen. 1981. The Leguminosae. A source book of characteristics uses and Nodulation. University of Wisconsin Press; Madison, Wisconsin, USA. 812 pp
- Bond, G. 1976. The Results of IBP Survey of Root Nodule Formation in non Leguminous Angiosperms. In: P.S. Nutman. (ed.) Symbiotic Nitrogen Fixation in Plants. Cambridge University Press; Cambridge, England. pp 443-473.
- Bravo-Hollis, H. 1978. Las Cactáceas de México. Dirección General de Publicaciones. UNAM, México. 743 pp
- Corby, H.D. 1981. The Systematic Value of Leguminous Root Nodules. In: R.M. Polhill y P.H. Raven. (eds.) Advances In Legume Systematics. Part. 2. Royal Botanical Gardens; Kew, Richmond, Surrey, England. pp. 657-669.
- Dart, P. 1977. Infection and Development of Leguminous Nodules. In: R.W. Hardy. (ed.) A treatise on Dinitrogen Fixation, Section III, Biology. Wiley Interscience Publ. New York, USA. 650 pp.

- Dickison, W. 1981. The Evolutionary Relationships of the Leguminosae. In: R.M. Polhill y P.H. Raven (eds.) Advances in Legume Systematics. Part I. Royal Botanical Gardens, Kew Richmond, Surrey, England pp. 34-35.
- Donovan, S., y Johnston, M. 1970. Manual of the Vascular Plants of Texas, Vol. 21; Madroño, Texas Research Foundation. Menasha, Wisconsin, USA. pp 761-890.
- Duke, J.A. 1981. Handbook of Legumes of World Economic Importance. Plenum Press. New York and London 345 pp.
- Espinosa, J. 1979. Leguminosae. In: J. Rzedowski y E. Rzedowski. Flora Fanerogámica del Valle de México. Limusa, México 432 pp.
- Elkan, G. 1984. Taxonomy and Metabolism of Rhizobium and its Genetic relationships. In: Martin Alexander. (ed.) Biological Nitrogen Fixation. Plenum Press. New York and London. pp 1-38.
- Graham, P.H. 1976. Identification and classification of Root Nodule Bacteria. In: P.S. Nutman. (ed.) Symbiotic Nitrogen Fixation in Plants. Cambridge University Press; Cambridge, England pp 99-112.

- Herrera, C.M. 1984. Incidencia de Rhizobium en Leguminosas Silvestres del Estado de Nuevo León. Resúmenes del XV Congreso Nacional de Microbiología; AMM., Veracruz, Ver., México. p 178.
- Heywood, V. 1971. Chemotaxonomy of Leguminosae. In: J.B. Harbone. (ed.) Academic Press. London and New York 612 pp.
- Lim, G., y Burton, J. 1982. Nodulation status of the Leguminosae. In: W.J. Broughton (ed.) Nitrogen Fixation Vol. II; Rhizobium. Oxford Clarendon Press; Oxford Science Publ. p 1-31.
- Martínez, M. 1979. Catálogo de Nombres Vulgares y Científicos de Plantas Mexicanas. Fondo de Cultura Económica, México 1220 pp.
- NAS. 1979. Tropical Legumes: Resources for the Future. National Academy of Science. Washington, D.C. USA. 326 pp.
- Norris, D.O. 1956. Legumes and the Rhizobium symbiosis. J. Exp. Agric. 24: 247-270.
- Parker, C. 1977. Perspectives in Biological Nitrogen Fixation. In: A treatise on Dinitrogen Fixation, Section III: Biology, R.W.F. Hardy and W.S. Silver. (eds.) Wiley-Interscience Publ. New York, USA.

- Polhill, R., Raven, P.H., Stirton, J. 1981. Evolution and Systematics of the Leguminosae. In: R.M. Polhill y P. H. Raven. (eds.) Advances in Legume Systematics. Part I Royal Botanical Gardens, Kew, Richmond, Surrey, England.
- PRODRIMO. 1984. Programa de Desarrollo Rural Integral de las Mixtecas Oaxaqueñas Alta y Baja, 1984-1985. Gobierno Federal y Gobierno del Estado de Oaxaca, México, 78 pp.
- Raven, P. y Polhill, R. 1981. Biogeography of Leguminosae In: R.M. Polhill y P.H. Raven (eds.) Advances in Legume Systematics Part I. Royal Botanical Gardens, Kew, Richmond, Surrey, England pp 27-34.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México 432 pp.
- Sousa, M. y M. Peña S. 1981. New World Lonchocarpaceae. In: R.M. Polhill y P.H. Raven (eds.) Advances in Legume Systematics Part I. Royal Botanical Gardens, Kew, Richmond, Surrey, England.
- Standley, P. 1920. Trees and Shrubs of Mexico. Contr. U.S. Nat. Herb. 23 (I), Washington, D.C. USA. pp 346-515.

- Standley, P. 1946. Flora de Guatemala. Fieldiana: Botany Vol. 24, Part V. Chicago Natural History Museum, Chicago Ill. USA. pp 2-368.
- Stowers, M.D. 1985. Carbon Metabolism in Rhizobium species. Ann. Rev. Microbiol. 39: 89-108.
- Sprent, J.I. 1982. Nitrogen Fixation. In: Advanced Plant Physiology. 12: 249-276.
- Vance, C. y Johnson, L. 1981. Nodulation: A plant Disease Perspective. Plant Dis. 65: 2.
- Vidor, C. 1983. Evoluçao, Nodulaçao e Importância Econômica das Leguminosas; Boletim da Departamento do solos/ UFRGS e IPAGRO/Secretaria de Agricultura, Porto Alegre, Brasil.
- Vincent, J.M. 1975. Manual Práctico de Rhizobiología Hemisferio Sur; Buenos Aires, Argentina 200 pp.