

## RESUMEN

Las especies reportadas en el presente estudio, se distribuyen en Nuevo León, desde los 23°50' N y desde los 99°50' hasta los 100°36' W, a lo largo de la Sierra Madre Oriental, alcanzando altitudes de 2550 msnm, con una temperatura media de 20 °C a 25 °C y de 700-1000 mm, en suelos poco profundos con abundante cantidad de materia orgánica.

La superficie de la hoja de las especies silvestres en comparación con la cultivada, muestra variación en el tipo, número, tamaño y posición de tricomas, estomas y cera epicuticular. Así mismo las características morfológicas (tamaño, forma y color) y estructurales (grosor de cutícula, longitud de esclereidas y gránulos de almidón) de la semilla, difieren entre las especies.

La presencia de letargo en la semilla es característica de las especies silvestres, por lo cual se aplicaron técnicas de rompimiento de letargo. El patrón de crecimiento y vigor de la plántula bajo condiciones controladas de temperatura y fotoperiodo muestra variabilidad.

La cantidad de proteína y la eficiencia de asimilación de minerales en la semilla de las especies silvestres es mayor que en la cultivada.

El porcentaje de proteína alcanza valores de 27.91% en las silvestres en comparación con la especie cultivada que presenta un 20.80%. La cantidad de proteína y almidón es considerada

como un indicador evolutivo y de domesticación de las especies silvestres.

Las características morfo-anatómicas y bioquímicas de las especies silvestres se consideran como un mecanismo de adaptación a diferentes factores bióticos y abióticos, proporcionando una fuente de genes que pueden ser utilizados para el mejoramiento genético del cultivo de frijol.

## INTRODUCCION

El frijol (Phaseolus vulgaris L.), es un cultivo de suma importancia alimenticia además de económica, del cual dependen campesinos que se dedican directamente a su cultivo. Es uno de los cultivos principales en América Latina, Africa y muchos otros países, llegando a un límite su rendimiento óptimo gracias a la contribución de los mejoradores, pero la diversidad de ambientes prevaecientes en las regiones de crecimiento afectan el rendimiento. Los principales factores limitantes a la producción de frijol en América Latina son sequía, plagas y enfermedades causadas por patógenos (Schoonhoven, et al., 1989), mientras que en Africa son las prácticas agronómicas pobres, deficiencia de fertilidad del suelo, susceptibilidad a la sequía, competencia con malezas, enfermedades e insectos, así como virus, bacterias y hongos, (Allen, et al., 1989). Actualmente se llevan a cabo diferentes actividades de investigación por un grupo interdisciplinario dedicado a la evaluación de los germoplasmas de frijol para la resistencia a la sequía, adaptación a la pobre fertilidad, fijación de nitrógeno biológico y resistencia a diferentes enfermedades (CIAT, 1988).

En México y específicamente en Nuevo León, la producción de frijol muchas veces no es suficiente para el consumo poblacional, debido principalmente a que las condiciones de siembra de este cultivo se caracterizan por agricultura de

temporal, suelos con baja fertilidad, suelos erosionados, infestación de plagas, etc., teniendo ésto como consecuencia, rendimientos bastante bajos en las cosechas.

El sur de México es considerado como uno de los centros de origen de especies de frijol Gentry (1969) y Vavilov (1949), citado por Miranda (1966), exhibiendo una gran variabilidad de especies silvestres. En Nuevo León se han reportado diferentes especies creciendo en forma silvestre (Rodríguez, et al., 1987) existiendo una necesidad de investigación sobre éstas, ya que es bien conocido que son fuente de genes resistentes a diferentes factores de estrés bióticos y abióticos, por lo cual es necesario enfocar estudios que contribuyan al conocimiento de los mecanismos de adaptación de especies silvestres bajo tales condiciones. Esto permitirá en estudios posteriores elevar los niveles de rendimiento y resistencia a condiciones ambientales adversas en los cultivos de frijol mediante el fitomejoramiento. Para ello es necesario primeramente conocer los requerimientos ecofisiológicos de las especies silvestres, así como sus características bioquímicas, morfológicas y anatómicas que se pueden relacionar con las adaptaciones de estas especies.

## OBJETIVOS

- A).- Conocer las condiciones ecológicas y algunas de las características morfológicas, anatómicas, bioquímicas y fisiológicas de especies silvestres de Phaseolus, que pueden relacionarse con su adaptación bajo estas condiciones.
- B).- Comparar algunas características anatómicas, bioquímicas, desarrollo y fenología de la planta, en especies silvestres y cultivada.

## REVISION DE LITERATURA

### Origen y distribución

Algunos autores han propuesto y discutido diferentes centros de origen del frijol. De acuerdo con Gentry (1969) y Vavilov (1949), citado por Miranda (1966) el frijol tiene su centro de origen en el área occidental y sur de México, así como Guatemala y Honduras. Formas de frijol silvestre fueron descritas desde México hasta Argentina (Gentry, 1969 y Miranda, 1967). Remanentes arqueológicos de frijol común de la misma edad fueron encontrados en México y Perú (Kaplan, 1965; Kaplan, et al. 1973)

La distribución geográfica de diferentes tipos de frijol silvestre y cultivado en base a los tipos de phaseolina, ha sido estudiada, los resultados permiten establecer algunas áreas de domesticación para frijol común; Mesoamerica para semillas chicas con tipo de phaseolina "S"; Colombia para semillas chicas con phaseolina "B" y Peru y Argentina para semilla grande con phaseolina "T" (y probablemente "A", "C" o "H") (Gepts y Bliss, 1986 y 1988; Gepts, et al., 1986).

La existencia de ambos tipos de phaseolina semilla chica "S" y semilla grande "T", en Brasil permite establecer hipótesis de que el frijol comun fue introducido por lo menos por dos rutas en este país, la primera ruta permite la introducción de algunos tipos de semilla desde centro de mesoamerica que deberia empezar desde México y podría seguir la

Costa caribeña hasta Colombia y Venezuela, y eventualmente hasta Brasil (Gepts et al., 1988).

México es una importante zona de la diversidad de las especies de Phaseolus silvestres reportando P. metcalfei para el estado de San Luis Potosí (Piper, 1926) citado por Rodríguez et al., 1987.

La forma silvestre de P. coccineus ha sido reportada por Kaplan y Neish (1960), citados por Rodríguez et al., 1987 mencionando que los cambios climáticos afectan su distribución. Además, Nabhan et al., (1980) estudiaron la distribución de P. metcalfei Woot. et Standl y P. ritensis Jones en el sureste de América del Norte y en el oeste de Texas, y en (1978 y 1985) reportan la distribución de P. acutifolius en la parte central de Durango y Chihuahua.

P. anisotrichus Schlecht, P. glaucocarpus Norvell, P. neglectus Hermann, P. scabrellus Benth, y P. xantotrichus Piper, han sido reportadas para el sur del estado de Nuevo León por Rodríguez et al. (1987). El número de especies pertenecientes al género Phaseolus es desconocido, sin embargo se considera que podría contener alrededor de 150 (Rendle, 1925 y Hutchinson, 1979 citados por Rodríguez, et al., 1987).

## Requerimientos ecológicos

### Temperatura.-

En relación a la temperatura necesaria para la germinación de frijol Diehl et al. (1973) indican que la temperatura máxima es de 37°C. Asimismo Sivorí et al. (1980) mencionan que el requerimiento es de 10°C como mínimo, 37°C como máxima y una temperatura óptima de 32°C. En tanto que Ramírez (1981) encontró que se requiere de temperaturas mayores de 8°C, con humedad apropiada y que con temperaturas entre 20 y 30°C, el frijol germina 2 ó 3 días después de la siembra. También observó que la temperatura óptima para la floración es alrededor de 15°C y para la maduración de los frutos es de 20°C.

Estudios sobre el efecto de la temperatura del suelo sobre el crecimiento de la raíz y el vástago del frijol, han demostrado que el mayor crecimiento se presenta entre los 20 y 30°C, mientras que a 5, 10 y 35°C se produce poco crecimiento, atribuyéndose esto a la tensión hídrica causada por la absorción del agua, tanto a temperaturas bajas como altas (Brower citado por Kramer, 1974).

### Fotoperíodo.-

El frijol común, al igual que el frijol lima, alubia y otros tipos, son especies que florecen temprano en días cortos, pero en general se le considera insensible o neutro al fotoperíodo (Ramírez, 1981; SEP, 1983).

**Humedad.-**

El frijol (Phaseolus vulgaris L.) se puede producir bajo condiciones de temporal, si existe una abundante precipitación durante su ciclo vegetativo. La mayoría de las variedades exigen agua abundante (600-800 mm) por ciclo para su óptimo desarrollo (Bailey, 1961; SEP, 1983; Ramirez y Farias, 1986).

**Suelo.-**

Este cultivo prospera preferentemente en suelos fértiles de estructura media, profundos y bien drenados; suelos con alto contenido de materia orgánica con un pH 5.5 y 6.5 favorecen un excesivo crecimiento vegetativo de la planta (SEP, 1983).

**Anatomía**

La hoja tiene normalmente los mismos sistemas que el tallo: dérmico, fundamental y vascular. Cubriendo toda la hoja está la epidermis, la cual continúa sobre el tallo joven; dispersos entre las células epidérmicas hay pequeños poros llamados estomas (Esau, 1972). La frecuencia de células epidérmicas está relacionada a la frecuencia estomática, debido al tamaño de las células. Heichel (1971) citado por Loera (1985) indica que este carácter posiblemente esté controlado por ciertos genes, como lo es para la frecuencia estomática.

Flores et al. (1977) realizaron un estudio sobre la epidermis foliar de frijol mediante microscopía electrónica, observando un menor número de estomas en la superficie adaxial de la lámina foliar, los estomas de la superficie abaxial se

encuentran restringidos a las areolas y son de tipo parasítico, las células epidérmicas del envés mostraron diferentes tipos de tricomas que la parte abaxial. Las venas son pubescentes en la parte abaxial y las areolas son irregulares y algunas veces de forma poligonal. La cutícula es estriada principalmente en la superficie abaxial. El ostiolo de los estomas es pequeño si se compara en tamaño con otras especies de plantas y su número es extremadamente alto. Con frecuencia ostiolos pequeños se han relacionado con altas tasas de transpiración, lo mismo al elevado número de estomas. En otro estudio Gates (1980) reporta para frijol 4,000 y 28,000 estomas en el haz y el envés, respectivamente. Así mismo, Loera (1985) menciona que en el frijol las frecuencias estomáticas de células epidérmicas y tricomas, fueron mayores en el envés de la hoja.

Se ha demostrado que los tricomas en forma de gancho presentes en la epidermis de la hoja, son efectivos para proteger la planta de frijol contra la chicharrita Empoasca fabas. Además, se menciona que un estudio de tricomas u otros caracteres anatómicos (como el floema interxilemático) pueden servir al taxónomo en su tarea de buscar las mejores características para la clasificación (Pillemer y Tingey, 1976 citados por Engleman, 1979).

Vaquera (1986) realizó un estudio sobre las características morfológicas y anatómicas de la semilla de frijol, relacionándolas con vigor, imbibición y cocción. Encontró que existe diferencia en la interacción entre los

genotipos y la temperatura. La cocción de la semilla de frijol está determinada por la dureza de sus cotiledones. Así mismo, el peso seco y tamaño de la semilla, grosor de la testa y tiempo de cocción tienen una relación confiable entre ellos.

## Fisiología

### Fotosíntesis.-

Se han realizado una serie de investigaciones con el objetivo de determinar la tasa de fotosíntesis. Al respecto Fraser y Bidwell (1974) encontraron en frijol que la fotosíntesis neta se incrementa con el inicio de la floración, excepto en la primera hoja trifoliada (donde hubo más fotorespiración), aunque se incrementó con la emergencia y desarrollo de las hojas subsecuentes. En 9 variedades de frijol Peet et al. (1977) encontraron diferencias en la tasa fotosintética, teniendo un rango (a través de todos sus estados de desarrollo) desde 4.99 a 17.48 mg CO<sub>2</sub> dm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>. Así mismo, la asimilación de CO<sub>2</sub> y fotosíntesis han sido estudiadas por Von Caemerer y Farquhar (1984) en un ambiente de presión de 330 bares y saturación de luz (1500 μmol quanta m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>), demostrando que la tasa de fotosíntesis disminuye desde 20 hasta 0 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> coincidiendo esto con el potencial de agua en la hoja, pero se recupera a las 6 horas después del riego. Además la interacción entre fotosíntesis, conductancia estomática, radiación fotosintética activa (PAR), y potencial de agua en la hoja fueron estudiados por Díaz-Infante (1988) en frijol "Pinto

Americano", la fotosíntesis alcanzó niveles de saturación de aproximadamente  $2.2 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$  y la conductancia estomática varió de 0.22 a  $0.54 \text{ Cms}^{-1}$ ; la radiación fotosintética activa de 1553 a  $2251 \mu\text{E m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ; la temperatura de la hoja de 29 a  $33^\circ\text{C}$  y la humedad relativa de 16 a 30 %. Mientras que Arreola y Castellanos (1990a) determinaron el desarrollo de la capacidad fotosintética, el peso específico y la expansión foliar durante la ontogenia de hojas en plantas silvestres y cultivadas de P. lunatus. Las diferencias observadas sugieren la existencia de una modificación del balance de carbono foliar como consecuencia de la domesticación. Ese mismo año reportan (1990b) que la capacidad fotosintética de hojas expandidas fue similar y ligeramente superior a  $20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  sin embargo, el crecimiento de ambas poblaciones fue diferente.

#### **Factores que afectan la fotosíntesis.-**

La fotosíntesis se compone principalmente por tres procesos los cuales son afectados por diferentes factores. Dichos procesos son: a) Fotoquímico, el cual es afectado por las altas intensidades de luz; b) Bioquímico, afectado por la temperatura y concentración de  $\text{CO}_2$  y c) difusión, afectada principalmente por las concentraciones de  $\text{CO}_2$  (Gaastra, 1962).

La fotosíntesis es controlada por un gran número de factores que han sido clasificados por Heath (1970) en factores ambientales y factores de la planta. Se ha encontrado que en frijol la asimilación de  $\text{CO}_2$  disminuye a medida que la resistencia aumenta. Las más bajas resistencias estomáticas

fueron de  $10 \text{ sm}^{-1}$ . Las mínimas resistencias a la difusión dependen del tamaño, densidad y distribución de los estomas (Peet et al., 1977).

Se ha encontrado que un gran número de plantas tienen habilidad de fotosintetizar bien bajo un rango de temperaturas durante el día, así aclimatan su fotosíntesis a largos periodos de cambios de temperaturas estacionales (Berry y Bjorkman, 1980). En un estudio realizado por Cooper (1975) utilizando dos especies de malas hierba, un pasto tropical (C4) y una leguminosa (C3), observó que la C4 llega a saturación de luz a muy altas radiaciones, mientras que en la C3 esto ocurre relativamente a bajas radiaciones, altas temperaturas y bajo potencial de agua. Adedeji (1984), menciona que de todos los factores que afectan la fotosíntesis, usualmente uno limita y expresa.

#### **Transpiración.-**

Factor dominante en las relaciones hídricas de la planta, ya que la evaporación del agua produce el gradiente de presión que provoca el movimiento de ésta dentro y a través de las plantas. Kramer (1974) menciona que los coeficientes diurnos de transpiración suelen variar entre  $0.5$  y  $2.5 \text{ g/dm}^2 \text{ h}$ , y los coeficientes nocturnos son probablemente  $0.1 \text{ g/dm}^2 \text{ h}$  o menores.

Trabajando en invernadero con frijol cv. Cacahuete Larque-Saavedra et al. (1982) encontraron tasas de transpiración de  $1.70$  a  $12.84 \text{ mg agua cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ . En tanto que Díaz-Infante (1988) encontró que la tasa de transpiración en "Pinto americano"

varió de 3.59 a 6.07 mmol agua m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>.

#### **Factores que afectan la Transpiración.-**

Se ha reportado que la resistencia del estoma generalmente se incrementa a bajos niveles de iluminación sobre cierto nivel crítico de luz, lo cual sugiere que la tasa de transpiración podría ser controlada por el estoma solo bajo un nivel crítico de luz recibida (Turner, 1969). Una gran disminución en la tasa de transpiración y crecimiento en frijol, bajo moderado potencial hídrico del suelo, se atribuye al incremento en la resistencia estomática (Kanamasa y Tanner, 1969).

Al disminuir la transpiración también puede reducirse la producción de materia seca. Millar y Gardner (1972) encontraron que cuando el potencial hídrico en frijol disminuyó de -0.28 a -0.40 bares, la transpiración disminuyó y la producción de materia seca se redujo en un 45 %. Larque-Saavedra et al. (1982) trabajando en invernadero con frijol, encontraron que las hojas de los nudos más bajos tenían valores más altos de resistencia estomática y menor transpiración que las de los nudos superiores, atribuyendo esto a la radiación, posición y edad de las hojas.

#### **Eficiencia en el uso de agua.-**

La eficiencia en el uso de agua en base a materia seca en frijol, bajo condiciones de riego y densidades de población, ha sido estudiada por Martínez (1983), encontrando que la mayor eficiencia fué de 336 g de materia seca/m<sup>3</sup> de agua, con una densidad de población de 80,000 plantas/hectárea, cuando el

intervalo de riego fue de 20 días. El-Sharkawy y Cock (1984) encontraron en varias especies que la eficiencia en el uso del agua disminuyó con incrementos en el déficit de presión de vapor al influir sobre la transpiración. Específicamente para frijol, las eficiencias fueron de 5 a 2.3  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1}$  agua cuando el déficit de presión de vapor varió de 2 a 4 KPa, en tanto la transpiración varió de 3.9 a 6.8  $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  y la fotosíntesis de 908 a 676  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}$ .

#### **Características morfofisiológicas y bioquímicas relacionadas con la resistencia a los factores bióticos y abióticos**

La variabilidad en las condiciones bióticas y abióticas afectan considerablemente la producción y el rendimiento de las especies cultivadas, razón por la cual un gran número de investigadores trabajan conjuntamente para el mejoramiento genético de los cultivos. Las investigaciones incluyen; 1) estudiar el efecto de la sequía y otros factores abióticos sobre la producción de frijol; 2) evaluación y selección de especies silvestres para su resistencia a diferentes factores de estrés; 3) estudiar los mecanismos de resistencia a diferentes factores de estrés; y 4) incorporación de resistencia a los factores de estrés a los cultivos (Popa y Dinca, 1985; Yonts et al., 1985; CIAT, 1986-1988; Schoonhoven y Pastor-Corrales, 1987; Parjol-Savulescu et al., 1985; Cornic et al., 1987 y Vlad y Pretorian, 1986).

### **Características Morfo-fisiológicas.-**

Las características relacionadas con las adaptaciones de frijol en condiciones de semiaridez en Kenya fueron estudiados por Itulya, et al. (1986) seleccionando varios cultivos adaptados a tales condiciones. Se ha encontrado que el color de la semilla, su tamaño, brillantez, hábito de crecimiento, días a floración, madurez, adaptación vegetativa y reproductiva, nodulación, daño por factores bióticos, resistencia a la sequía y tolerancia a los factores del suelo son considerados para la evaluación de los cultivos de frijol para su adaptación a tales condiciones (CIAT, 1987).

Los mecanismos de adaptación a la sequía fueron estudiados en CIAT (1988), evaluando longitud de hipocótilo, persistencia de raíz principal, fibrosis general y abundancia de raíz secundaria en 100 genotipos de frijol. El crecimiento de la raíz es mayor en todas las etapas en las líneas resistentes a la sequía comparado con las líneas susceptibles, observando que el cruzamiento entre especies mexicanas y colombianas produce poblaciones con mejores características para su adaptación a condiciones de estrés comparado con los progenitores de la misma región.

El estrés de humedad reduce severamente el índice de área foliar, peso seco, número de granos y rendimiento de frijol, pero las especies muestran alta recuperación en crecimiento y producción de vaina cuando se riegan después del tratamiento de sequía (Peña-Ramos y Muñoz-Orozco, 1988).

Los efectos fenotípicos y ambientales sobre las características de cultivares de *P. vulgaris* fueron estudiadas por Acosta-Gallegos et al. (1988) en 11 características morfológicas y fenológicas de 18 cultivares de frijol. Se muestra el mayor efecto en la variación ambiental y la interacción cultivar-ambiente fue significativa. La variación de los componentes de los cultivares fue importante para el número de días a floración y grosor de tallo. La presencia de mayor variación ambiental sugiere la posibilidad de incrementar el rendimiento a través de prácticas culturales que permiten una máxima captación y utilización de la precipitación. En este proceso se pueden obtener cultivares con una amplia adaptación y tolerancia a la sequía.

La sequía y la temperatura (más de 30°C) son las condiciones favorables para el desarrollo de enfermedades facilitando la infección por bacterias que penetran a través de la semilla y causando daño a los órganos aéreos y raíz (Mohan et al., 1989). El efecto relativo del tallo y la raíz de diferentes genotipos de frijol sobre el rendimiento bajo condiciones de sequía fueron reportados por White y Castillo (1989) mostrando que los genotipos con abundante raíz tienen un efecto significativo sobre rendimiento de semilla pero los genotipos de tallo ancho no tienen efecto. No hay interacción entre el tallo y la raíz, demostrando que las características de tallo son de menor importancia. Sponchiado et al. (1989) demostraron en un estudio que el crecimiento de la raíz de 4

cultivares de frijol está relacionado con la tolerancia a la sequía en diferentes ambientes y en distintos tipos de suelo.

El estrés de humedad afecta el crecimiento del folíolo central de la hoja de P. vulgaris (Kohasi-Shibata y Uscanga, 1989). Asimismo se ha encontrado que los índices morfo-fisiológicos están relacionados con el crecimiento y productividad de plantas bajo condiciones de sequía, donde los cultivares resistentes muestran una alta actividad metabólica (Parjol-Savulescu et al., 1985).

Por otro lado Ripple (1986) reporta que la reflectancia espectral de la hoja de frijol y el contenido de ácido abscísico se relacionan con la resistencia a la sequía.

P. acutifolius mostró alto rendimiento bajo condición de sequía, su tolerancia estuvo relacionada al potencial de agua, conductividad estomática y temperatura del dosel (CIAT, 1986).

La sequía en la etapa reproductiva de P. vulgaris reduce los efectos inducidos por ozono (Moser et al., 1987).

Tonutti y Giulivo (1987) encontraron que el estrés de humedad, el daño osmótico y el tratamiento con etileno afecta la tasa de salida de solutos en hoja de frijol.

Existe una relación lineal entre la producción de materia seca y la evapotranspiración. Cumpa Reyes et al. (1988) desarrollaron un modelo logístico que explica el efecto de niveles de humedad relacionados con la tasa de producción de materia seca y la evapotranspiración.

Uprety (1989) estudió la capacidad fotosintética de

P. radiatus que se reduce bajo la influencia de estrés de humedad.

#### **Características Bioquímicas.-**

Sharkey y Seemann (1989) estudiaron el efecto del estrés de agua sobre los intermediarios del ciclo de carbono, la actividad de la carboxilasa de ribulosa bifosfato y la homogeneidad espacial de la fotosíntesis en las hojas de P. vulgaris. La tasa de actividad y la concentración de ribulosa bifosfato antes y después de la incubación con CO<sub>2</sub> y Mg<sup>2+</sup> fueron poco reducidos por la sequía severa, pero no por la sequía ligera, la concentración de fosfoglicéridos fue reducida por ambas condiciones de sequía.

Vasquez-Tello et al. (1990) demostraron que la salida de electrólitos, fosfatos y azúcares solubles son pruebas fisiológicas para evaluar la resistencia a la sequía de especies como Phaseolus y Vigna.

La acumulación de ácido abscísico es indicador de la resistencia a la sequía en varios cultivos. La conversión enzimática de xantoxianina a ácido abscísico se ha observado en extractos de células de Phaseolus (Sindhu et al., 1990). La enzima aldehído abscísico oxidasa está presente en especies silvestres.

Existe una asociación entre la productividad, el crecimiento de raíz y la discriminación de isótopo de carbono bajo condiciones de sequía (White et al., 1990).

A su vez, Li y Walton (1990a) reportan que la

ciclohexamida bloquea la biosíntesis de ácido abscísico y provoca un aumento de la apertura estomática en plantas bajo condiciones sin y con estrés. Posteriormente, en otro estudio (1990b) demostraron que violaxantina es un precursor del ácido abscísico encontrando que las hojas de plántulas de *P. vulgaris* creciendo bajo condiciones de obscuridad acumulan considerablemente menos cantidad de xantofila y carotenoides en comparación con plántulas que crecen bajo condiciones de luz.

Recientemente diferentes investigadores han realizado estudios con respecto al efecto de estrés de agua o temperatura sobre los cambios bioquímicos en frijol cultivado y silvestre. La baja temperatura afecta la etapa temprana vegetativa, el intercambio gaseoso de la hoja y el potencial hídrico en las plantas (Wolfe, 1991). Además existen estudios sobre el efecto de frío y sequía en las relaciones de agua y acumulaciones de ácido abscísico (Vernieri *et al.*, 1991). El efecto de la sequía sobre el contenido de almidón en diferentes órganos de frijol bajo condiciones de riego y sequía fueron estudiados por Osuna-García *et al.* (1988) reportando que la sequía no afecta la distribución de almidón en los órganos vegetativos pero afecta el contenido de almidón en la pared de la vaina, semilla y planta entera. Los cultivares mostraron diferentes reacciones. En otro estudio se ha demostrado que una ligera sequía reduce la síntesis de almidón y la actividad de la sacarosa fosfato sintetasa (Vassey y Sharkey, 1989).

Trozos de hojas de frijol fueron tratado con

Polietilenglicol (PEG) 600 (-1.13 MPa) durante 4 horas para seleccionar especies tolerantes a la sequía y se estudió la cinética de electrólitos, azúcares solubles y el contenido de almidón durante un periodo de 24 horas de rehidratación de las porciones de hojas. Estas pruebas son indicadores de la integridad de la membrana de cloroplastos y células, actividad fotosintética y capacidad de movilización de azúcar. En base a estas pruebas se puede clasificar a las especies de acuerdo a la sensibilidad de las células al déficit de agua, resultando *P. vulgaris* sensitivo, *P. acutifolius* y *Vigna radiata* moderadamente tolerante y *Vigna unguiculata* tolerante (Vasquez-Tello *et al.*, 1990).

Los cultivares de frijol "Aversa" mostraron resistencia a la sequía, relacionada con el tamaño de la semilla (1000 semillas= 340-470 g) y alto contenido de proteína hasta un 29.69 % (Popa y Dinca, 1985).

Las variedades "Fundulea 332" se reportan en Rumania como un cultivo prometedor para su adaptación a las condiciones de sequía, dadas sus características de etapa vegetativa corta, el crecimiento limitado y el alto contenido de proteína (Vlad y Pretorian, 1986).

El contenido de proteína está relacionado con la resistencia a la sequía. *P. acutifolius* se ha reportado como una especie resistente a la alta temperatura y sequía debido a que contienen un alto porcentaje de proteína. Líneas domesticadas y especies silvestres a diferentes condiciones de

agua mostraron diferencias significativas para diferentes caracteres estudiados, incluyendo rendimiento, peso de semilla y concentración de proteína. El rendimiento de semilla mostró una correlación positiva con peso de semilla ( $r= 0.78$ ) pero existió una correlación negativa con el contenido de proteína de semilla ( $r= -0.75$ ) en especies domesticadas (Frederici et al., 1990).

Bajo condiciones de nitrógeno no infectado con Fusarium, el contenido de proteína de la vaina varía inversamente con el riego, produciéndose frijol con mayores concentraciones de metionina en comparación con condiciones de nitrógeno infectado (Koehler y Burke, 1988).

La respuesta del estrés de humedad sobre algunas características agronómicas de especies domesticadas y silvestres fueron estudiados por Frederici et al. (1990), mostrando diferencias significativas entre las líneas silvestres y domesticadas en el contenido de proteína en la semilla, peso de semilla y el rendimiento.

Se ha encontrado que las sales minerales en frijol se encuentran del orden del 2 al 5%. Se considera que un alimento es de gran valor cuando la proporción de nutrimentos a energía es alto y en el frijol parece ser que esta condición se cumple por la proporción de proteína y carbohidratos. En los procesos de cocción, los azúcares tienen efecto sobre los almidones para su gelatinización y además confieren propiedades características. El frijol es alto en contenido de

polisacáridos cuya estructura ha sido objeto de numerosos estudios (Quick, 1957; Pritchard et al., 1973; Cerning et al., 1975).

Ortega y Rodríguez (1979) realizan un estudio sobre el contenido de carbohidratos en variedades mexicanas de frijol (Phaseolus vulgaris y Phaseolus coccineus), encontrando que en P. vulgaris el contenido total alcanza valores que varían de 1.23% a 5.62 %, en tanto que en P. coccineus varía de 2.13% a 4.59%. En general el contenido de azúcares es mayor en P. coccineus.

La capacidad de absorción de diferentes minerales ha sido estudiada en diferentes cultivos, siendo el sorgo el que más atención ha recibido a este respecto. Ramani (1980) citado por Saldivar (1991) examinó la absorción y el transporte de zinc en variedades de sorgo, resistentes y susceptibles a la sequía, observando que no existe deficiencia en la absorción de ambas variedades. Se ha observado además que las líneas "glossy" son más eficientes en la captación de fosfatos en comparación con las líneas "no-glossy" (Raju, 1980) citado por Saldivar (1991). Se ha concluido que los factores ambientales influyen negativamente la tasa de crecimiento y la asimilación de nutrientes (calcio y magnesio) en plantas de sorgo (Jacques et al., 1975).

### Aspectos de mejoramiento

El mejoramiento, entre otros fines, persigue el incremento de la producción y/o la adaptación de un cultivo a una determinada zona ecológica.

Yassin (1973) mencionó que el rendimiento es heredado cuantitativamente, influenciado genéticamente y por la interacción genotipo-ambiente. Además, el rendimiento por sí mismo no es el mejor criterio de selección y de aquí que es importante estudiar sus componentes y el grado de asociación de éstos con el rendimiento. Cooper (1975) expone que los caracteres fisiológicos y morfológicos que determinan el potencial de producción y conversión de energía deben de ser identificados.

Varios autores han reportado que la selección de progenies puede hacerse mediante selección por su alta capacidad de intercambio de  $\text{CO}_2$ , ya que se ha encontrado correlación entre la capacidad de intercambio de  $\text{CO}_2$  y otras características de la planta como peso fresco por planta, área foliar, materia seca y otros (Crosbie y Pearce, 1982).

Sullivan (1988) estudió la transferencia de los caracteres cuantitativos mediante el cruzamiento de especies silvestres con cultivadas. Por otro lado Wells y Waines (1988) han realizado estudios sobre la eficiencia de las líneas de frijol mediante hibridación interespecífica.

## ORIGINALIDAD

El presente trabajo fue planteado, considerando la falta de investigaciones enfocadas hacia los aspectos ecofisiológicos y mecanismos de adaptación de las especies silvestres del género Phaseolus, originario de México, prevaletientes en el Estado de Nuevo León.

Con este estudio se pretende principalmente conocer las estrategias de adaptación que desarrollan las especies dentro de un mismo género, las cuales les permiten sobrevivir y reproducirse bajo un gran espectro de condiciones ambientales. El conocimiento de esto deberá servir como base en un futuro al mejoramiento genético en especies cultivadas por medio de cruzamiento entre las especies silvestres y las cultivadas.

## DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El estado de Nuevo León se localiza en la parte nororiental del país, entre los 98°17' y 101°07' de longitud 6-50 oeste y los 23°6' y 27°50' de latitud norte. Limita al norte con el estado de Coahuila, los Estados Unidos de Norteamérica y Tamaulipas. Hacia el poniente limita con Coahuila, San Luis Potosí y Zacatecas. Al sur con San Luis Potosí y Tamaulipas. Su superficie abarca 64 081.94 Km<sup>2</sup>. Engloba porciones importantes de tres regiones naturales o provincias fisiográficas: la Sierra Madre Oriental, la Gran Llanura de Norteamérica y la Llanura Costera del Golfo Norte (INEGI, 1983).

En Nuevo León predominan los climas semiáridos y extremosos. La precipitación pluvial es en general escasa, aunque cuenta con regiones que registran lluvias anuales mayores de 800 mm. La precipitación media anual oscila entre 300 y 600 mm. Los climas secos y semisecos se distribuyen principalmente en la región nororiental, la cual forma parte de la Gran Llanura de Norteamérica, y en la región suroccidental (INEGI, 1983).

En las áreas menores de la región de la Sierra en la zona del centro y sur de la entidad y en gran parte de la cuenca del Río San Juan se registran los climas semicálidos, templados y semifríos (INEGI, 1983).

Afloran principalmente rocas sedimentarias de origen marino. Sólo hay pequeños afloramientos de rocas metamórficas

y algunos de rocas ígneas intrusivas (INEGI, 1983).

La mayor parte de las rocas que forman grandes estructuras plegadas (anticlinales y sinclinales) que caracterizan a la Sierra Madre Oriental, son del Mesozoico. Los depósitos más recientes están constituidos por conglomerados y suelos aluviales que pertenecen al cuaternario (INEGI, 1983).

Las heladas en los climas semicálidos de la Llanura Costera del Golfo Norte presentan una frecuencia de 0 a 20 días al año; esto se debe básicamente al régimen térmico elevado, el cual sólo permite la presencia de estos fenómenos en los meses de diciembre y enero, distribuidos de manera irregular. En las zonas de climas secos de la Gran Llanura de Norteamérica y de la Sierra Madre Oriental las heladas tienen también un rango de 0 a 20 días, con excepción de las áreas con climas semiseco templado. En las sierras y llanuras occidentales se registran en periodos de 20 a 40 días. En las partes altas de la Sierra Madre Oriental, donde los climas son templados, se presentan heladas con una frecuencia que va de 20 a 50 días, debido a que las condiciones térmicas permiten el desarrollo de este fenómeno por periodos más prolongados, sobre todo en los meses de diciembre, enero y febrero (INEGI, 1983).

La vegetación en Nuevo León se puede agrupar conjuntamente en: vegetación de la Planicie Costera (bosques semiáridos, matorrales áridos); vegetación del Altiplano (matorrales áridos) y vegetación de la Sierra Madre (matorral templado; bosques templados y prado) (Rojas, 1965).

## MATERIAL Y METODOS

Para la realización del presente estudio se trabajó con ejemplares depositados en el Herbario de la Facultad de Ciencias Biológicas de la U.A.N.L., así como con ejemplares que se colectaron en algunos Municipios del Estado de Nuevo León. La realización de este estudio se llevó a cabo en base al diagrama de flujo (ANEXO).

### Distribución y condiciones ecológicas

En base a registros de estaciones meteorológicas, se realizó una breve descripción sobre las condiciones prevaletientes en los lugares de colecta, haciéndose énfasis en los aspectos de suelo, vegetación, precipitación y temperatura.

### Morfología y taxonomía

La descripción morfológica de cada una de las especies se realizó en base a claves taxonómicas y a observaciones directas en campo y laboratorio; se procedió a hacer una descripción de la planta, vaina y semilla de cada una de las especies.

### Anatomía

La ultraestructura de la epidermis foliar se realizó en microscopía electrónica de barrido en 10 especies:

P. anisotrichus, P. atropurpureus, P. glaucocarpus, P. heterophyllus, P. metcalfei, P. neglectus, P. scabrellus,

P. xantotrichus, Phaseolus sp y P. vulgaris (semicultivado). Se observaron características de células epidérmicas, tipo de estoma, tricomas, cera epicuticular y cristales.

Asimismo la ultraestructura de la semilla se realizó en 6 especies: P. anisotrichus, P. glaucocarpus, P. scabrellus, P. neglectus, Phaseolus sp y P. vulgaris (semicultivado y cultivado). Observandose, superficie de la testa, características de macroesclereidas y microesclereidas, grosor, presencia de granulos de almidón y cuerpos de proteína en las células cotiledonarias.

#### **Microscopía Electrónica de barrido:**

Muestras de hoja (haz y envés) y semilla (corte transversal) se colocaron en soportes de aluminio empleando una cinta de doble superficie adhesiva y pintura conductora de plata coloidal. El material se colocó en un cubridor iónico Balzers donde se cubrió con una película de oro 100 %. El material se observó en un microscopio electrónico de barrido ISI Mini Sem-5 (International Scientific Instrumental) a un voltaje de aceleración de 15 Kv. Las fotografías se tomaron a un aumento de 200 X, y 1000 X, utilizando una película Kodak 4127.

#### **Fisiología**

##### **Pruebas de germinación y rompimiento de letargo:**

Esto se realizó en base a los lineamientos establecidos por las Reglas Internacionales para el Ensayo de Semillas

(1976). Se evaluaron los días requeridos para iniciar la germinación en 4 especies silvestres (P. anisotrichus, P. neglectus, Phaseolus sp y P. vulgaris) y una cultivada (P. vulgaris).

#### **Crecimiento y desarrollo de la plantula:**

Se sembraron 15 semillas de cada una de las especies, las cuales fueron distribuidas en tres repeticiones, en macetas que contenían aproximadamente 1 kg de suelo. Las macetas se colocaron en cámaras bioclimáticas bajo condiciones controladas de temperatura (28-30°C) y fotoperíodo (14 y 16 hrs luz), evaluándose días a emergencia, longitud de la plántula, número de hojas trifoliadas, largo y ancho de foliolo central y longitud de pecíolo a los 50 días después de la emergencia.

Para la realización del análisis de crecimiento de las especies se tomaron muestras de suelo de una área cultivable del Municipio de Galeana, N.L., a las cuales se les realizó un análisis físico-químico que consistió en:

- 1) Color del suelo en húmedo y seco (Tabla de Munsell).
- 2) pH del suelo (Potenciómetro).
- 3) Textura (al tacto y mediante hidrómetro).
- 4) Materia orgánica (Walkley y Black).
- 5) Nitrógeno Total (C:N-3:1).
- 6) Capacidad de campo (Tubos de percolación).
- 7) Zinc (Olsen, modificado).
- 8) Cobre (Olsen, modificado).
- 9) Hierro (Olsen, modificado), por medio del

espectrofotómetro de absorción atómica.

10) Calcio.

11) Magnesio.

12) Sodio.

13) Potasio aprovechable (Peech & English).

Estas determinaciones se realizaron en el Laboratorio de Edafología y Pedología y en el Laboratorio de Química Analítica de la Facultad de Ciencias Biológicas, de la UANL.

### **Bioquímica**

#### **Contenido de proteína en semilla:**

Se molieron 3 g de semilla de cada una de las especies. El análisis para la determinación del contenido de proteína se realizó por duplicado siguiendo las técnicas recomendadas por el A.O.A.C. (1980). Estas determinaciones se realizaron en las especies: P. anisotrichus, Phaseolus sp, P. vulgaris

#### **Determinación de metales en semilla:**

Se pesaron aproximadamente 2 g de cada una de las muestras, se carbonizaron completamente sobre un tripié con triángulo de porcelana y a fuego lento con la llama azul hasta ausencia de humo, y se calcinaron en una mufla a una temperatura de 500°C durante una hora. Las cenizas se disolvieron con 15 ml de ácido clorhídrico al 20 % pasando la solución a través de un embudo de filtración rápida. El filtrado se colecta en matraces de aforación de 500 ml. Se

preparó un blanco reactivo consistente en 15 ml de ácido clorhídrico al 20 % y aforado a 50 ml con agua bidestilada. Para el caso del calcio, el blanco deberá tener una concentración final de lantano.

Las muestras tratadas se analizan utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica Zeiss FMD4 bajo condiciones instrumentales ya optimizadas (Perkin, 1976).

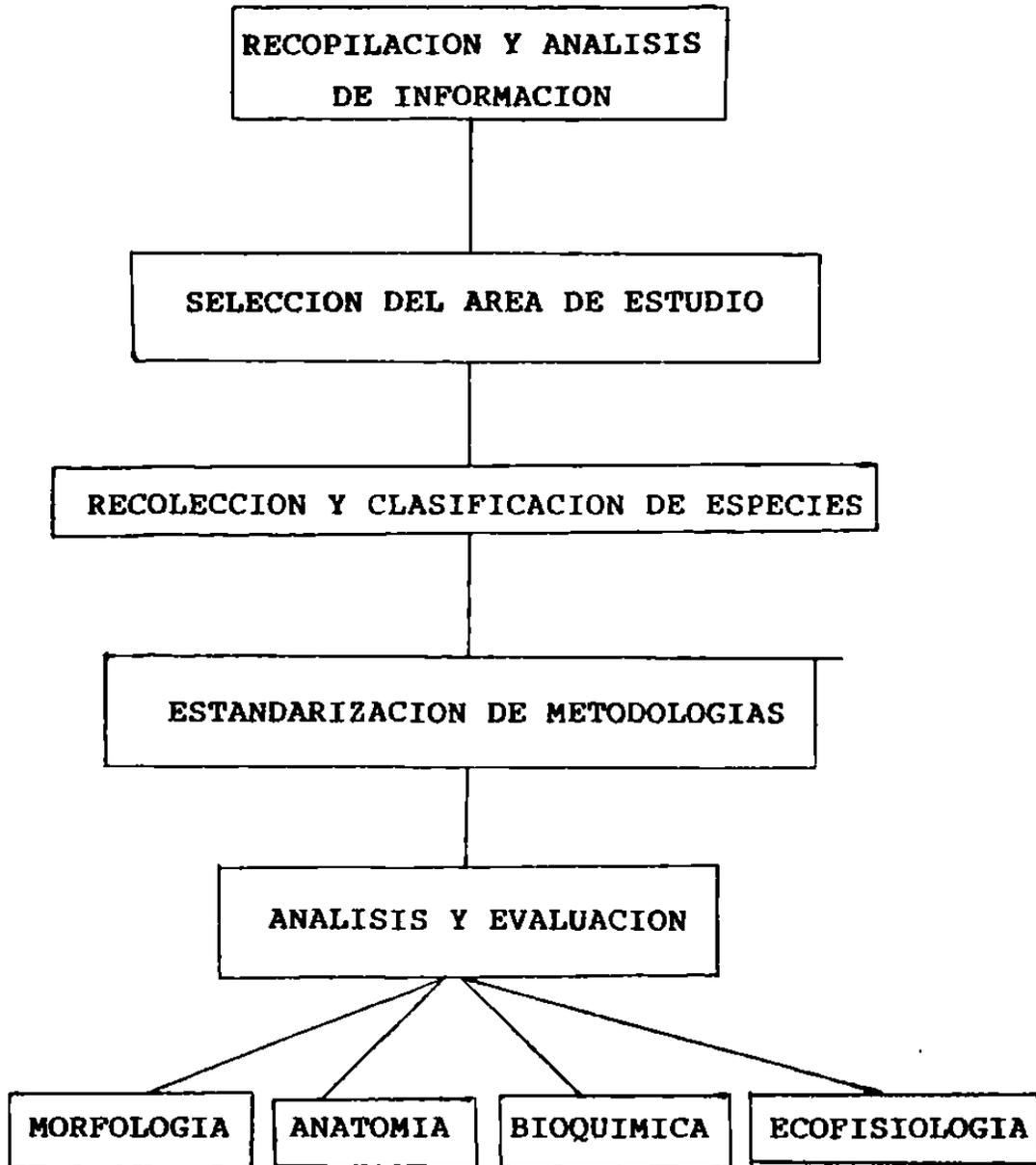


Diagrama de flujo para la realización del presente estudio.

## RESULTADOS

### Condiciones ecológicas

#### Distribución:

El área de trabajo y la distribución de las especies se muestra en la figura (1) y tabla (1). Observándose que las especies se distribuyen desde los 99°43'W y 23°47'N hasta los 100°11'W y 26°46'N, en altitudes que van de los 360 msnm en el municipio de Linares hasta los 2550 msnm en el municipio de Gral. Zaragoza. Se localizan a lo largo de la Sierra Madre Oriental en una orientación de Noreste-Sureste.

La Sierra Madre se caracteriza por una gran diversidad en climas y vegetación. Se encuentran diversos tipos de climas: secos extremos, semisecos y semicálidos. Esto se debe principalmente a la marcada diferencia de altitudes en la sierra. Las diferencias en temperatura ocasionadas por la existencia de cadenas montañosas, produce un efecto de condensación, que a su vez, genera lluvias que se concentran en la vertiente este de la sierra. Se presenta una temperatura promedio de 20 a 25°C y una precipitación de 700-1000 mm de lluvia anual, de acuerdo con la altitud. Los periodos de lluvia ocurren desde finales de Agosto hasta Octubre.

Los suelos arenosos, rendzinas se presentan frecuentemente. Son raros los suelos profundos. El manto del suelo es muy delgado, rocoso y con un alto contenido de materia orgánica.

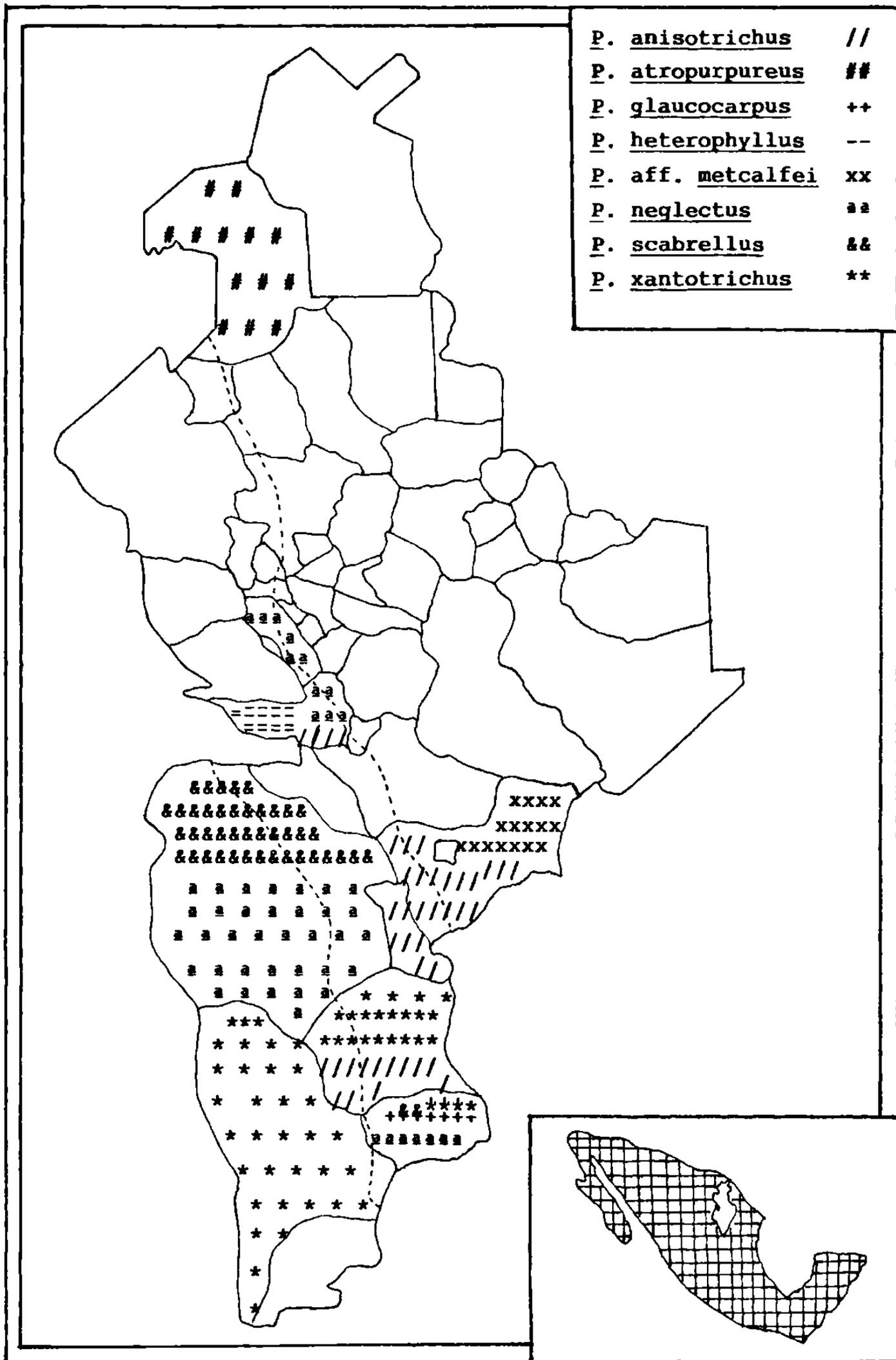


Figura 1. Distribución de especies de frijol en Nuevo León

Tabla 1. Distribución de especies silvestres de Phaseolus en Nuevo León.

ESPECIES	MUNICIPIO	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD MSNM
<u>P. anisotrichus</u>	Santiago	100° 19'	25° 23'	1 850
	Iturbide	99° 50'	24° 40'	1 500
	Aramberri	99° 47'	24° 20'	1 360
	Linares	99° 50'	24° 45'	720
<u>P. atropurpureus</u>	Linares	99° 50'	24° 45'	360
	Lampazos	100° 29'	26° 46'	530
<u>P. glaucocarpus</u>	Zaragoza	99° 47'	23° 57'	1 960
<u>P. heterophyllus</u>	Santiago	100° 16'	25° 22'	1 330
<u>P. aff. metcalfei</u>	Linares	99° 50'	24° 45'	850
<u>P. neglectus</u>	Santiago	100° 12'	25° 22'	1 380
	Zaragoza	99° 47'	23° 56'	2 060
	Galeana	99° 56'	24° 44'	1 650
	Monterrey	100° 36'	25° 50'	1 040
<u>P. scabrellus</u>	Zaragoza	99° 49'	23° 50'	2 550
	Galeana	100° 11'	24° 54'	2 140
<u>P. xantotrichus</u>	Aramberri	99° 49'	24° 22'	1 780
	Zaragoza	99° 54'	23° 48'	2 080
	Dr. Arroyo	99° 55'	23° 47'	1 910

Se puede observar que las especies silvestres en el estado de Nuevo León, se distribuyen en los Municipios: Lampazos de Naranjo, Monterrey, Villa de Santiago, Linares, Iturbide, Galeana, Aramberri, General Zaragoza y Dr. Arroyo (Tabla. 1) que se caracterizan por presentar una gran diversidad de condiciones ambientales edafológicas y climatológicas, propiciadas principalmente por encontrarse en su mayoría dentro de la zona fisiográfica de la Mesa del Norte, Sierra Madre Oriental.

**Observaciones en campo:**

**Hábitat.-**

Las especies colectadas se caracterizan por presentarse creciendo bajo diferentes condiciones edafológicas y climáticas, (suelo arcillo-arenoso con abundante cantidad de materia orgánica y clima principalmente húmedo), presentándose además en lugares generalmente con una pendiente muy pronunciada. Su hábito de crecimiento es generalmente de tipo guía, algunas de las cuales son exclusivamente rastreras. Creciendo preferentemente en lugares sombreados. (Figuras 2-5).

Se encuentran principalmente en Bosques claros de Pino, Encino, Nogal, Cedro, Pinabete, Quercus, Cupressus, Juglans, Tilia, Platanus, Juniperus y Matorral de Acacia, Caesalpinia, Cordia, Opuntia, Lechuguilla. (Figuras 2-5).

**Fenología.-**

Las etapas fenológicas varían entre las especies, en forma general el inicio de la germinación y emergencia de ellas se lleva a cabo a principios de Agosto, desarrollándose su etapa vegetativa durante los meses de Agosto-Septiembre, su floración en el mes de Octubre y fructificando a principios del mes de Noviembre.

La maduración de la vaina se realiza a finales de Noviembre y principios de Diciembre, al ocurrir esto la vaina se abre y la semilla cae al suelo permaneciendo así, hasta el inicio de su germinación, lo cual indica que la semilla pasa durante una época fría y una alta temperatura del suelo, humedeciéndose con las precipitaciones que ocurren durante los meses de Agosto-Octubre demostrando su letargo durante este periodo.



**Figuras 2 y 3. Aspectos generales sobre el hábito de crecimiento y condiciones ecológicas de especies silvestres de Phaseolus. Municipio de General Zaragoza, N.L.**

## Morfología y taxonomía

### Descripción taxonómica:

#### PHASEOLUS L.

Hierbas anuales o perennes; generalmente 1 tallo erecto al inicio de su desarrollo, 3-30 dm de longitud, estípulas persistentes; hojas alternas, pecioladas una vez -pinnatífida-trifoliada; racimos axilares, ascendentes, pedúnculos largos (pedúnculos 5-30 cm de long), el raquis del racimo muy corto y elongado; cáliz acampanado o con tubo angostamente acampanado en 5 lóbulos, los 2 lóbulos superiores usualmente coalescentes más allá que los otros; corola papilionácea, blanca a púrpura o rojo ladrillo; alas en la anthesis en algunas especies muy elongado, quilla usualmente angosta y siempre retorcida o en algunas especies usualmente dando 1 o más vueltas ligeras en espiral; 10 estambres diadelfos, 9 de los filamentos coalescentes, el superior libre, fruto usualmente lineal ligeramente lateralmente comprimido usualmente de pared delgada.

#### Phaseolus anisotrichus Schl.

Planta herbácea; tallo voluble, delgado, muy ramificado, puberulento con pelos extendidos, estípulas anchamente ovadas, de 5 a 7 mm de largo por 4 mm de ancho, muy conspicuas; pecíolo de 3 a 8 cm de largo, pubescente, con los pelos extendidos; folíolos anchamente ovados, de 2 a 4 cm de largo por 1.5 a 3.5 cm de ancho; ápice obtuso, borde entero, base anchamente

redondeada, haz y envés pilosos cáliz campanulado, de 3 mm de largo por 2 mm de ancho, por lo general glabro; corola de color morado, de 6 mm de largo; legumbre frecuentemente comprimida, falcada, de 2-3 cm de largo por 4 mm de ancho, un poco más ancha hacia el ápice que es agudo o acuminado, la base un poco angostada.

En Nuevo León se localiza en los municipios de Villa de Santiago, Iturbide, Linares y Aramberri. Creciendo en bosque claro de Encino, Pino, Cedro, Nogal, Mezquite, y Huizache. (Figura 6).

**Phaseolus atropurpureus D.C. Frijol púrpura**

Planta Perenne, siempre conspicuamente pubescente, hojas usualmente ovaladas o rómbico-ovaladas o algunas veces lanceo-ovaladas, siempre con un amplio lóbulo en uno o ambos lados en la mitad baja, 2-5 cm de long con pubescencia grisáceas al final de la parte baja; pedúnculos (8-) 15-20 mm de long; los internudos hasta la parte de atrás de antesis; cáliz 5-8 mm de long más de 5 lóbulos iguales, los lóbulos mucho más cortos que el tubo; corola distal de color rojo-púrpura obscuro, marrón o rojo escarlata; alas en la antesis mucho más elongadas vainas lineares, rectas, 4-8 cm de long, menos de 5 mm de anchura.

En Nuevo León se localiza en el municipio de Linares (Rancho Los Angeles) a una altura de 360 m, asociada a Matorral de Acacia farnesiana y Caesalpineia americana y en el municipio de Lampazos de Naranjo (Ladera Oeste del Cerro Colorado) a 530

**Phaseolus neglectus Herman.**

Planta herbácea, perenne; tallo trepador de hasta 2 m de longitud, ligeramente hirsutos. Estípulas pequeñas, ovadas, infrapeciolares. Foliolos 3, delgados, de ápice acuminado y base obtusa, de hasta 10 cm de longitud y 8.0-8.5 cm de ancho, de forma cordiforme. Inflorescencia en racimos, corola blanca. Fruto ligeramente falcado, de 4.5 cm de longitud y 0.8 mm de ancho, 4-5 semillas por vaina. Semillas de color rojizo, obscuro, de forma cuadrangular, de 0.5 cm de largo por 0.5 cm de ancho.

En Nuevo León se localiza en los municipios Villa de Santiago a 1380 m, Gral. Zaragoza a 2060 m, Galeana 1650 m y en Monterrey a 1040 m de altitud. Creciendo en Bosque semidenso de Quercus, Tilia y Ugnadia; carpeta de Ipomea, Desmodium, Solanum, Comelia; en suelo orgánico, pedregoso derivado de calcáreos (Figura 11).

**Phaseolus metcalfei Woot & Standl.**

Perenne de raíces profundas en bosques, siempre una vaina exhuberante, hojillas ampliamente ovaladas a ovuladas o la mayoría de las veces orbicular, tan largo como ancho, raramente lobulado, en la base redondeada o angosta; con ápice apiculado muy corto, 3-5 (-8) cm de long, estípulas ovaladas de 4-8 mm de long. pedúnculos 1-2 dm. de long; racimos de axis 4-15 cm de long, flores no amontonadas, 12-15 mm de long en la antesis; cáliz pubescente corto, cerca de 5 mm de long, 5 lóbulos

subiguales, los lóbulos mucho más cortos que el tubo; corola púrpura-palo; vainas de 35-80 mm de long, más de 5 mm de ancho. De 4,000-7,300 pies de altura. Julio-Septiembre.

En Nuevo León se localiza en el municipio de Linares a 850 m de altura. Creciendo principalmente asociado a matorral submontano (Figura 12).

**Phaseolus xantotrichus Piper var zimapanensis A.Delgado.**

Hierbas perennes de 1-3 m de longitud, pubescencia densamente escabrosa con pelos recto o encorvados; tallo delgado; estípulas 3-4.5 mm de long y 2-3 mm de ancho; peciolo 1.6-6 cm de longitud; raquis 0.3-2.6 cm de longitud; hojuelas 3, las terminales 2.7-6.5 cm de long. y 1.8-4 cm de ancho, las laterales 2.2-5 cm de long y 1.6-4.2 cm de ancho, ovada a anchamente ovado, ápice acuminado, base atenuada o subtruncada, delgadas y membranosas; inflorescencia enseudoracimos de 5.5-31 cm long con 6-4 nudos; corola blanco-lila; pedúnculos 2-14 cm de long; frutos 3.5-5.2 cm y 4-6 mm ancho, linear-falcada, comprimida; semillas 8-10 por fruto, oblongas de 3.5-4 mm long y 3.4-4 mm ancho, amarillo-café.

En Nuevo León se localiza en; Aramberri a 1780 m, en Gral. Zaragoza a 2080 m y en Dr. Arroyo a 1910 m de altitud. En Bosque claro de Pino Piñon con Nopal, Lechuguilla y Mimosoideae, suelo orgánico pedregoso, con drenaje normal (Figura 13).

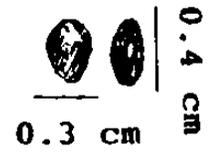
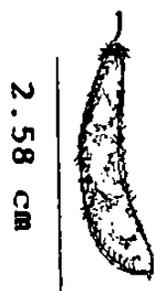
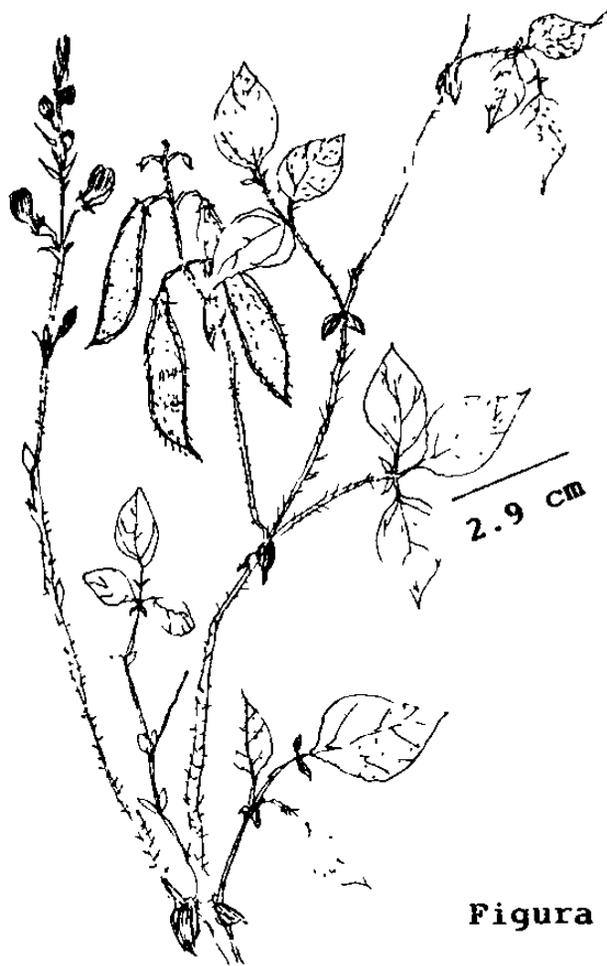


Figura 6. Phaseolus anisotrichus Schlecht

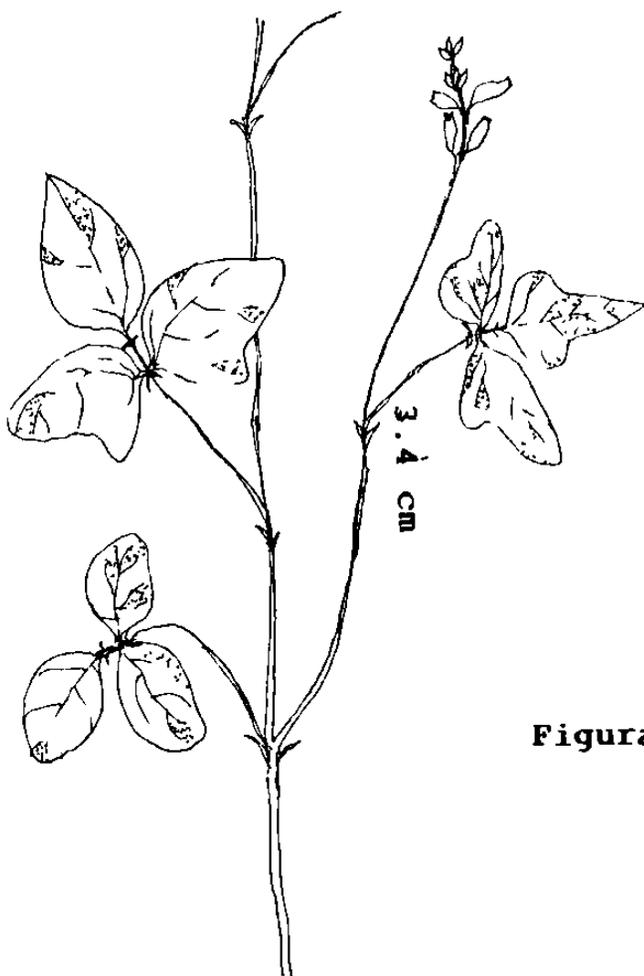


Figura 7. Phaseolus atropurpureus D.C.

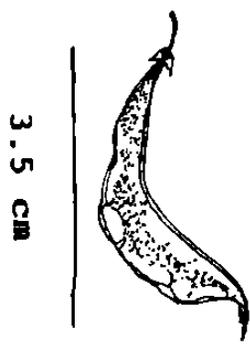
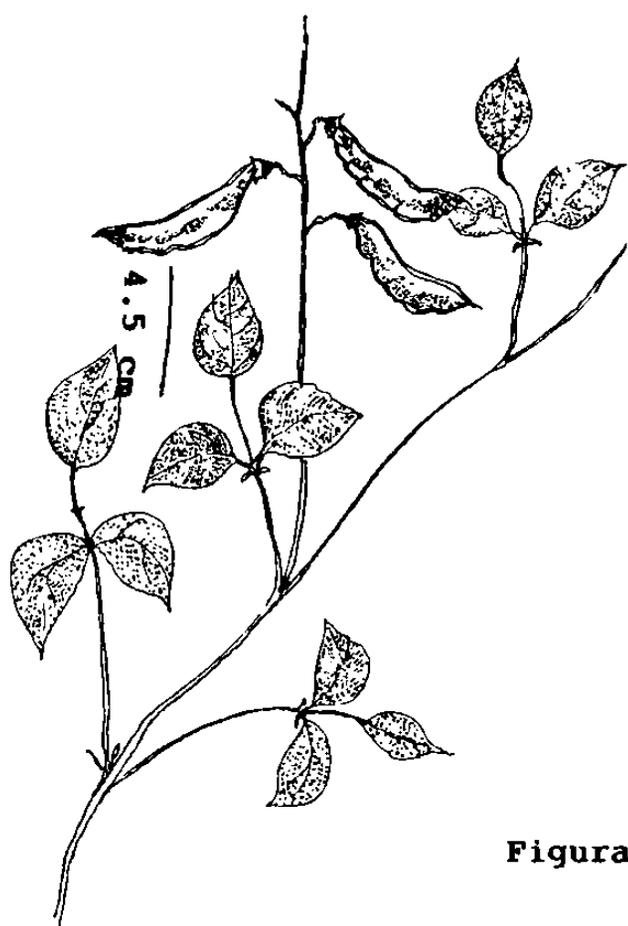


Figura 8. Phaseolus glaucocarpus Norvel

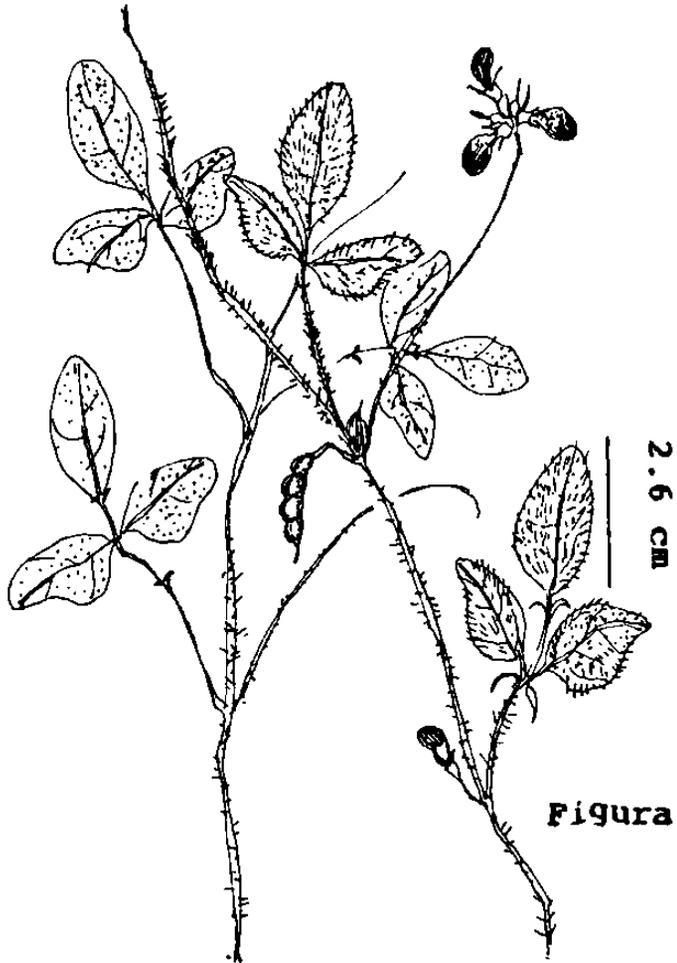


Figura 9. Phaseolus heterophyllus Willd

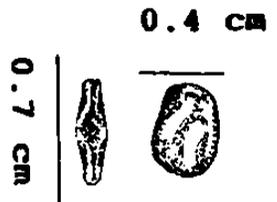
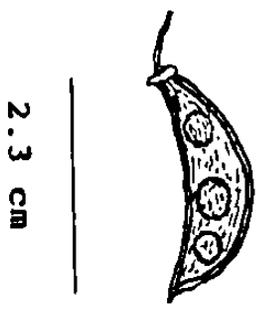
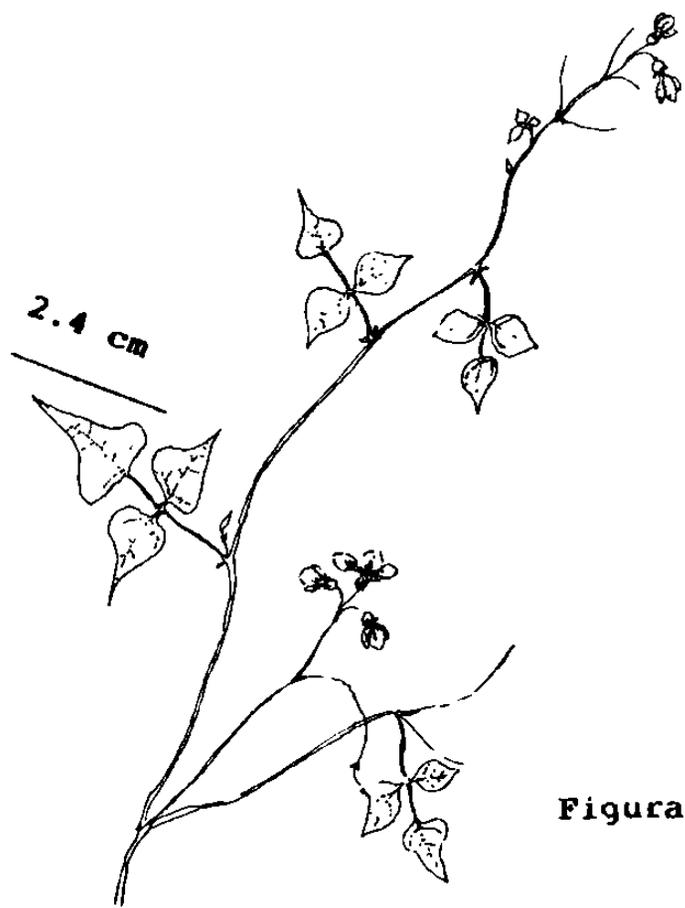


Figura 10. Phaseolus scabrellus Bentham

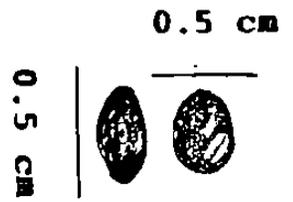
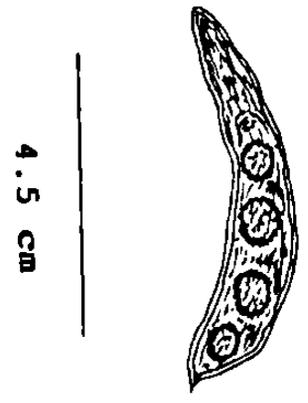
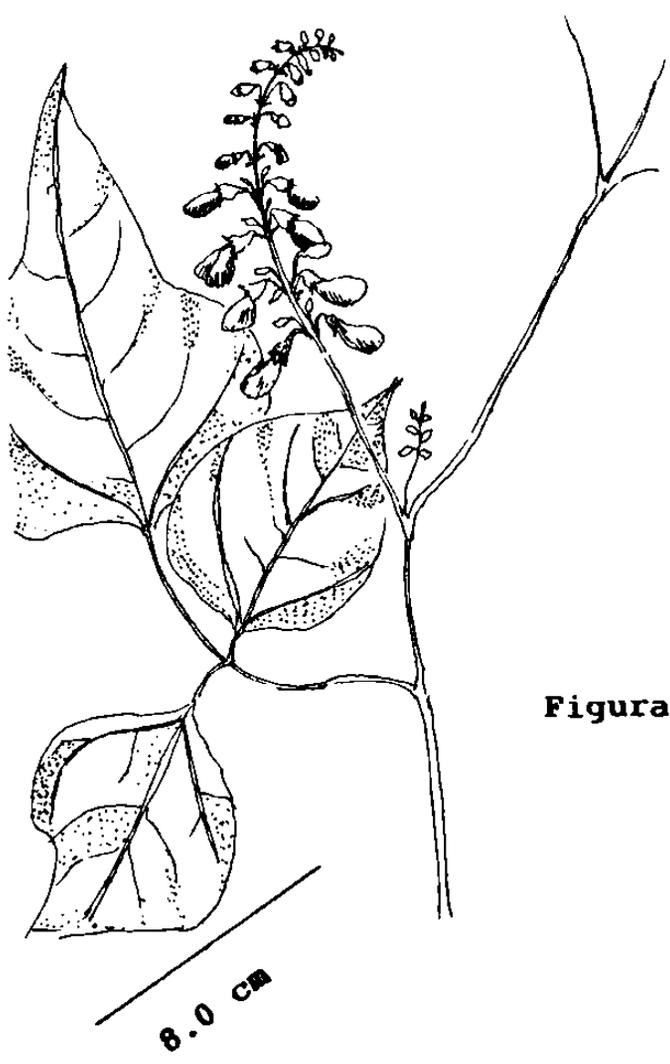


Figura 11. Phaseolus neglectus Hermann

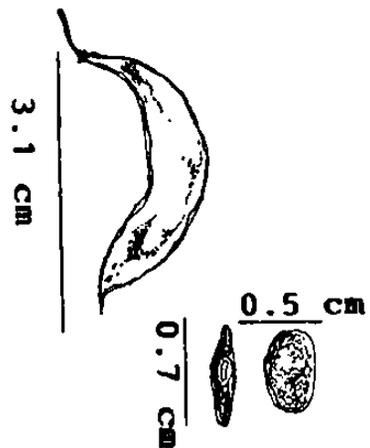
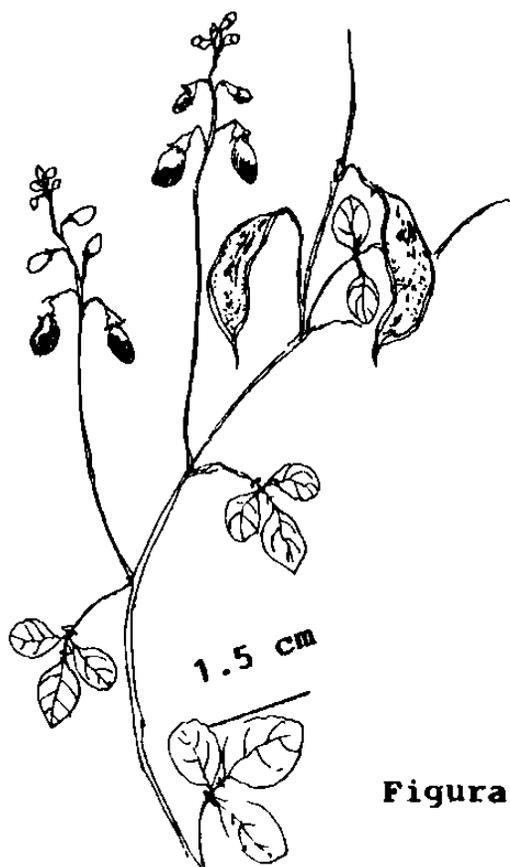


Figura 12. Phaseolus metcalfei Woot & Standl

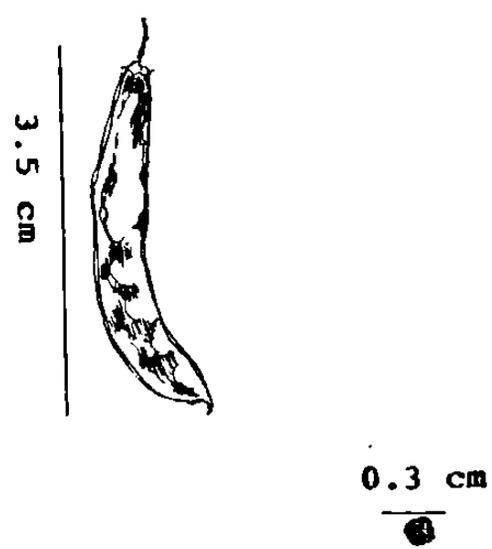


Figura 13. Phaseolus xantotrichus Delgado S.

## **Anatomía**

### **Estudio ultraestructural de la epidermis foliar:**

#### **PHASEOLUS L.**

La superficie adaxial y abaxial de la lámina de las especies silvestres y cultivadas de frijol se divide en numerosas areolas, irregulares o poligonales formado por venas menores. Las células epidérmicas son de forma irregular y pared ondulada que se encuentra cubierta de una cutícula gruesa estriada variando entre especies. Se presentan diferentes tipos de tricomas, su tamaño e intensidad varía entre las especies, abaxialmente. Generalmente se presentan dos tipos de tricoma, el primer tipo es agudo, ganchudo y base ensanchada. El otro tipo es multicelular, de extremo distal ensanchado y glandular. Los estomas se encuentran en la superficie y son de tipo parasítico, con un par de células subsidiarias paralelas al ostiolo, algunas veces se encuentran cubiertas por una cutícula muy estriada.

#### **Phaseolus anisotrichus Schlecht.**

La superficie abaxial de la hoja es más lisa en comparación con otras especies, con una capa fina de cera epicuticular delgada. Las células epidérmicas son irregulares. Los estomas son visibles sumergidos. Tricomas glandulares unicelulares y bicelulares de forma cilíndrica con ápices agudos. Se presentan diferentes tipos de tricomas, distribuidos principalmente a lo largo de la nervadura central,

los que se presentan en las nervaduras secundarias son alargados con una célula basal y de ápice curvado.

La morfología de los tricomas en el envés es muy similar a la que se observa en el haz. Se distinguen fácilmente los estomas (Figuras 14 a,b,c).

#### Phaseolus atropurpureus D.C.

Superficie de la hoja lisa con una capa fina de cera epicuticular, dando brillantez. Se presenta gran número de estomas con ostíolos elongados. Abundante cantidad de tricomas bicelulares, alargados, puntiagudos y entrelazados, con la célula basal muy alargada. distribuidos en la nervadura central (Figura 14 d).

#### Phaseolus glaucocarpus Norvel.

Superficie lisa e irregular, con cristales de cera epicuticular agrupados espaciadamente. Se presentan abundantes tricomas de tamaño mediano erectos y ápice puntiagudo distribuidos en la lámina. El mismo tipo de tricomas unicelulares, sin célula basal se presentan en forma abundante y formando un ángulo con respecto a la nervadura central. No se distinguen los estomas.

En el envés tricomas abundantes alargados y curvados, superficie de la lámina es más lisa (Figura 15 a,b,c,d).

**Phaseolus heterophyllus Willd.**

Superficie irregular con cera distribuida irregularmente, abundantes estomas con ostíolos pequeños muy abiertos. Tricomas unicelulares de tamaño mediano, con una célula basal, ápice del tricoma curvado, distribuidos regularmente sobre la nervadura central (Figura 16 a,b).

**Phaseolus metcalfei Woot. & Standl.**

Superficie irregular, tricomas de tamaño mediano, recurvados en el ápice, engrosados hacia la base, se presentan en poca cantidad sobre la nervadura central (Figura 17 a).

**Phaseolus neglectus Hermann.**

Superficie irregular con cera epicuticular lisa y filamentosa dando una apariencia de irregularidad a la superficie. Tricomas pequeños erectos con presencia de célula basal, se presentan en poca cantidad (Figura 17 b).

**Phaseolus scabrellus Benth.**

Superficie irregular, cera lisa y en forma de diminutos filamentos presente sobre la lámina. Tricomas alargados de tamaño pequeño, se presentan sobre la nervadura central en menor cantidad. Abundantes estomas de tamaño pequeño con ostíolo abierto (Figura 17 c).