



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

CARRERA DE BIOLOGÍA

EL GÉNERO *Phaseolus* L. (FABACEAE) EN LA FLORA DEL VALLE DE TEHUACÁN-CUICATLÁN, MÉXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

PRESENTA:

DIANA LAURA HERNÁNDEZ PRIEGO

DIRECTOR DE TESIS: DR. ALFONSO OCTAVIO DELGADO SALINAS

ASESOR INTERNO: DR. ELOY SOLANO CAMACHO



CIUDAD DE MÉXICO, NOVIEMBRE DE 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primero a mi director de tesis, el Dr. Alfonso Delgado Salinas por ayudarme a entender este grupo taxonómico tan diverso y de gran importancia económica, por compartir su conocimiento y su experiencia, además de proporcionarme su laboratorio y sus materiales, a él y al Instituto de Biología de la UNAM les agradezco el abrirme sus puertas.

Agradezco a la FES Zaragoza por ser el lugar en donde realicé mi carrera y darme el conocimiento necesario para hacer este trabajo, en especial al Dr. Eloy Solano Camacho por mostrarme las herramientas y los programas en los que base mi proyecto cuando curse la materia de Metodologías en Sistemática.

También agradezco la colaboración de Rosalinda Medina Lemos y de Esteban Manuel Martínez Salas, por el trabajo que se realizó en la salida al campo.

Del mismo modo. agradezco a la UNAM por darme la oportunidad de ser parte de su institución desde la preparatoria y formar parte de su casa de estudios, ya que si no existiera hubiera sido muy difícil llegar hasta aquí, sobre todo por la cuestión económica y social.

Finalmente agradezco la beca otorgada por el Museo del Instituto de Geología de la UNAM por darme una ayuda económica estable para solventar mis gastos personales en el tiempo que realicé mi tesis, ya que sin esa ayuda hubiera tardado

más en terminarla, además, por medio de la experiencia, me generó una mayor fluidez y consistencia para dar a entender conceptos y temas científicos que, posteriormente, ayudaron a explicar mejor mi proyecto de manera escrita y oral.

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi madre que con mucho esfuerzo me sacó adelante y que sigue trabajando por darnos un mejor futuro, por darme una casa en donde llegar y realizar mis actividades estudiantiles durante la carrera, por escucharme y darme consejos sobre la vida, por inspirarme a llegar a cumplir mis metas y por estar cuando la necesito.

También se la dedico a mi abuelo Hernández, que en paz descansa, por inspirarme desde pequeña a amar al mundo natural y a sus criaturas, influenciándome a escoger Biología como mi carrera, y más que una carrera, mi proyecto de vida.

Se la dedico a todos mis profesores que con su conocimiento y enseñanzas avance hasta este grado y lo que sigue. Entre ellos: al maestro Gil de Química, el maestro Jorge de Plantas sin semilla, la maestra Magda de Biogeografía, el maestro Lince (que en paz descansa), mi maestro de Fisicoquímica II, el Dr. Mercado de Genética, la maestra Machuca de Laboratorio, el maestro José Luis de mi primer Laboratorio y la maestra Dolores Escorza de Evolución.

Se la dedico con todo mi corazón y mente a Jehová por abrirme el camino, ser mi confidente, por esclarecer mi mente en los exámenes y cuidarme en esta parte de mi vida, espero y tengo fe de que me sigas instruyendo en esa misma.

Le agradezco mi tesis a una persona que estuvo conmigo durante toda la carrera, animándome a seguir adelante con mis materias y haber sido un gran compañero de laboratorio, de proyectos y de exámenes durante mi estancia en la Facultad, sin importar que nuestros caminos se separaran y que fuera un gruñón, Alejandro.

También, se la dedico a mis compañeros del Museo, por apoyarme en esta etapa de desarrollo personal y académico, los recordaré en mi corazón: Alejandro Nolazco, Ana, Aquetzalli, Carlos Alberto, Cesar, Garambullo, Génesis, Itzel, Juanjo, Julieta, Leonardo, Liz, Lorena, Lucero, Matías, Melissa, Nicole, Rolando, Ulises y Víctor Manuel.

Por último, pero no menos importante, se la dedico a todas esas personas que estuvieron en mi desarrollo académico y personal: Samantha, Ángel, Magaly, Pamela Santana, Anai, Abigail, Narda, Wendy, Cinthia, Luis Ricardo, Galeón, Luis Paz, Alan Martínez; muchas gracias por todo.

CONTENIDO	Página
Resumen	7
I. Introducción	8
II. Marco Teórico	10
III. Planteamiento del problema	16
IV. Hipótesis	16
V. Objetivo general	16
VI. Objetivos particulares	17
VII Material y Método	17
7.1 Área de Estudio	17
7.2 Salida al campo	19
7.3 Análisis morfométrico de las especies del género <i>Phaseolus</i>	19
7.4 Análisis morfométrico de <i>Phaseolus coccineus</i>	20
7.5 Tratamiento taxonómico para la Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán	21
VIII. Resultados	22
8.1 <i>Phaseolus</i> spp.	22
8.2 Salida al campo	26
8.3 Resultados de la matriz de datos de <i>Phaseolus</i>	28
8.4 Resultado del Análisis de Componentes Principales	

en <i>Phaseolus</i>	34
8.5 Resultados del análisis de agrupamiento de los OTU's correspondientes a <i>Phaseolus</i>	39
8.6 Resultados de <i>Phaseolus coccineus</i>	40
8.7 Resultados del Análisis de Componentes Principales de <i>Phaseolus coccineus</i>	43
8.8 Resultados del análisis de agrupamiento de las OTU's de <i>Phaseolus coccineus</i>	47
8.9 Clave del género <i>Phaseolus</i> basada en los caracteres que tuvieron mayor peso en el Análisis de Componentes Principales, caracteres del fruto y el foliolo apical	50
8.10 Descripciones de las especies del género <i>Phaseolus</i> presentes en el área de la Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán	54
IX. Discusión	78
9.1 Análisis de resultados de las especies de <i>Phaseolus</i> de la Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán	78
9.2 Análisis de resultados de la salida al campo	80
9.3 Análisis de Componentes Principales	80
9.4 Análisis de agrupamiento de las OTU's del <i>Phaseolus</i>	83
9.5 Análisis de Componentes Principales de <i>Phaseolus coccineus</i>	84
9.6 Análisis de agrupamiento de <i>Phaseolus coccineus</i>	85

9.7 Análisis de las claves taxonómicas y las descripciones	86
X. Conclusiones	88
XI. Perspectivas	89
XII. Bibliografía citada	89

RESUMEN

El género *Phaseolus* pertenece a la familia Fabaceae Lindley. México contiene más de 90 especies y una de las más importantes desde el punto de vista económico es el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), por constituir una de las principales fuentes de alimento para la humanidad, y por haber sido domesticada en el continente americano. Conocer la diversidad del género ha sido primordial para su aprovechamiento y delimitación. Una zona con alta riqueza de taxones de este género es el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, localizado entre los estados de Oaxaca y Puebla, donde actualmente se está desarrollando el inventario florístico nombrado la Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. En este trabajo se realizó un estudio morfométrico del género *Phaseolus*, a través de un Análisis de Componentes Principales (ACP) y otro de agrupamiento mediante la media aritmética no ponderada. Con base en estos análisis se elaboraron las descripciones de cada especie localizada en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán y sus claves taxonómicas. Se reconocen siete especies para la Flora de este Valle. *Phaseolus coccineus* presenta la mayor variación morfológica. En este estudio se delimitaron tres categorías infraespecíficas para la especie.

I INTRODUCCIÓN

Las leguminosas o fabáceas son una de las familias de angiospermas más conocidas en el ámbito mundial. Se ubican en el orden Fabales Bromhead, que incluye las familias Fabaceae Lindl. (Leguminosae Juss.), Polygalaceae Hoffmanns. & Link, Quillajaceae D. Don y Surianaceae Arn. (LPWG. (2017), entre las características de la familia Fabaceae son: plantas con hojas generalmente compuestas, alternas, con estípulas y pulvínulos bien desarrollados, además, su fruto usualmente es una legumbre derivada de un solo carpelo (Sousa *et al.*, 2004). En el mundo se reconocen 727 géneros y aproximadamente 19 mil especies. En México se han registrado 139 géneros y 1850 especies (Olvera-Luna *et al.*, 2012), de las cuales, Oaxaca alberga 108 géneros y 757 especies, que representa el 43% de las registradas en el país y es el estado con mayor riqueza (Sousa *et al.*, 2004).

Phaseolus L., se ubica en la subfamilia Faboideae o Papilionoideae, tribu Phaseoleae, subtribu Phaseolinae (Lewis *et al.*, 2005), acorde con la nueva clasificación para las subfamilias de Fabaceae propuesta por *Legume Phylogeny Working Group* (LPWG, 2017). *Phaseolus* incluye 95 especies reconocidas (Freytag y Debouck, 2002; López *et al.*, 2005; Mercado-Ruaro *et al.*, 2009) y de ellas, sólo cinco han sido domesticadas por el hombre: el frijol común (*P. vulgaris* L), tépari o escumite (*P. acutifolius* A. Gray), el ayocote (*P. coccineus* L.), *ib* o comba (*P. lunatus* L.) y el acalete o gordo (*P. dumosus* Macfad.). Para este género se

reconocen dos centros de domesticación principales, uno en Mesoamérica para las primeras tres especies, y el otro en los Andes para las dos restantes (Broughton *et al.*, 2003; Chacón, 2009). Delgado-Salinas *et al.* (2006), estimaron que el posible origen de *Phaseolus* data de 6 a 8 ma, mientras que su diversificación ocurrió aproximadamente hace 2 ma (Vlasova *et al.*, 2016).

Phaseolus continúa diversificándose en Mesoamérica y la región Andina (Chacón, 2009) y se ha determinado que es monofilético (Debouck 1999; Delgado-Salinas *et al.*, 1999). México es el centro de diversificación de este género y un importante centro de domesticación (Bitocchi *et al.*, 2012a), con una amplia diversidad de cultivares o razas criollas, adaptadas a condiciones locales, que aún intercambian material genético con sus parientes silvestres y producen híbridos con características morfológicas, vegetativas y reproductivas variables (Delgado y Gama, 2015; Escalante *et al.*, 1994) que hacen aún más compleja su sistemática.

Esta diversidad morfológica se refleja en sus inflorescencias y flores que han desarrollado adaptaciones para ser polinizadas por abejas y colibríes, además de frutos y semillas con colores y tamaños variables. Las especies de *Phaseolus* habitan en diversos ambientes, entre estos, desiertos áridos a zonas de alta montaña con clima frío y en altitudes que van desde el nivel del mar hasta 3 000 m (Delgado A. y Gama L. S., 2015; López S *et al.*, 2005). El género *Phaseolus* se distribuye desde el sur de Canadá hasta el norte de Argentina (Mercado-Ruaro *et al.*, 2009). Esta variación morfológica en las especies es de gran interés

biotecnológico, dado que se investigan genes para el mejoramiento de plantas con importancia agronómica (Broughton *et al.*, 2003).

II MARCO TEORÍCO

Con base en datos morfológicos no ha sido posible separar con claridad *Phaseolus* de *Vigna* Savi, además, *Phaseolus* contenía especies que ahora se reconocen como géneros diferentes o especies que se clasifican en otros géneros. Márechal *et al.* (1981) estudiaron la taximetría de *Phaseolus* y *Vigna*, concluyendo que *Phaseolus* se caracteriza por desarrollar tricomas uncinados, brácteas persistentes y ausencia de nectarios extraflorales en los nodos de la inflorescencia, también se puede añadir que el ápice de la quilla es dextrorso en *Phaseolus* (Delgado-Salinas *et al.*, 1999) . El número cromosómico predominante de *Phaseolus* es $n = 11$ (Goldblatt, 1981; Beyra y Reyes, 2004); $2n = 22$, y en raras ocasiones $2n = 20$ (Mercado-Ruaro y Delgado-Salinas, 1996).

Hace más de dos décadas se publicó la filogenia de *Phaseolus* con estudios de ADNcp (Delgado-Salinas, Bruneau y Doyle, 1993) y se reconoció como un grupo monofilético, teniendo como grupo hermano a *Vigna*. Hipótesis que fue confirmada con el marcador nuclear ITS, estudiando la región 18S-26S del ADN ribosómico nuclear (Goel *et al.*, 2002). Delgado-Salinas *et al.* (1999), identificaron a *Phaseolus microcarpus* como especie que se diversificó primero dentro del género y establecieron los siguientes grupos monofiléticos: *Phaseolus pedicellatus*, *P.*

tuerckheimii, *P. filiformis*, *P. pauciflorus*, *P. leptostachyus*, *P. polystachios*, *P. lunatus* y *P. vulgaris*.

En una revisión reciente se determinó que *Phaseolus glabellus* Piper, *P. macrolepis* Piper, *P. microcarpus* Mart., *P. oaxacanus* Rose y *P. talamancensis* Debouck & Torres Gonz., forman un grupo monofilético donde se incluye a *P. tuerckheimii*, pero con poco soporte (Delgado-Salinas *et al.*, 2006).

Si bien, *Phaseolus* ha sido muy estudiado, en esta última década se han descrito y publicado especies nuevas, conocer su posición filogenética dentro del género es relevante. Delgado-Salinas (2000), describió: *Phaseolus macvaughii*, *P. perplexus*, *P. juquilensis*, *P. marechalii*, *P. xolocotzii*, *P. hintonii* y *P. zimapanensis*. Salcedo *et al.* (2006), publicaron a *Phaseolus novoleonensis*. Al estudiar poblaciones en el centro de Texas, Delgado-Salinas y Carr (2007) propusieron a *Phaseolus texensis*, agrupándola con base en estudios moleculares en el clado *Pedicellatus*. Rendón-Anaya *et al.* (2017), agregaron a *Phaseolus debouckii*, una especie que se distribuye desde el centro-sur de Ecuador hasta el noroeste de Perú. Por último, Debouck *et al.* (2018) describieron *Phaseolus anguciana* como una especie nueva del sureste de Costa Rica. También, se han hecho revisiones taxonómicas recientes, *Phaseolus dasycarpus* (Mercado-Ruaro *et al.*, 2009) es reconocida como especie y es caracterizada con datos morfológicos y moleculares propios, agrupándola dentro del clado *Pedicellati* (Freytag y Debouck, 2002).

Además, se han hecho diversos estudios genéticos en el frijol común. Vlasova *et al.* (2016) estudiaron el genoma y el atlas de transcripción de genes codificantes y no codificantes del frijol mesoamericano (*Phaseolus vulgaris* cv. BAT93). Ellos infieren que una mayor duplicación de genes forma grupos más especializados, también indican que hay partes del ARN no codificante útiles en la expresión de la línea germinal para el desarrollo del fruto.

Baudoin *et al.* (1995) investigaron el entrecruzamiento entre *Phaseolus vulgaris* y *P. coccineus*, descubriendo que presentan incompatibilidad asimétrica, cuando el segundo es el progenitor femenino. Después realizaron entrecruzamientos con *Phaseolus vulgaris* y no tuvieron éxito, concluyeron que existe una barrera genética que hace menos probable la hibridación de estas especies (Broughton *et al.*, 2002). Inclusive existe incompatibilidad con individuos de *Phaseolus vulgaris* de Mesoamérica y los Andes, en donde sus híbridos contienen el gen Dosis-dependiente Letal (DL) que provoca enanismo dependiente de la temperatura en la generación F1 y enanismo letal en la F2, por un mal crecimiento de las raíces (White, Montes y Mendoza, 1991), con base en el modelo de Dobzhansky-Muller, el gen DL se podría considerar un mecanismo de especiación, pues el gen ya estaba presente antes de iniciar su domesticación, y aunque no se hubieran domesticado, los frijoles mesoamericanos de los andinos se habrían aislado naturalmente (Hannah *et al.*, 2007).

Las especies y variedades de los frijoles son parte de los alimentos más importantes en el mundo, su producción mundial es de 23 millones de toneladas métricas. México produce 1.3 millones y en Latinoamérica sólo es superado por Brasil con 3.05 millones (Broughton *et al.*, 2002). Con estos datos se puede determinar que los frijoles forman parte importante en la base de la alimentación humana, y su conocimiento sobre la diversidad del grupo puede ayudar a desarrollar cultivos selectivos (Escalante *et al.*, 1994) resistentes a plagas, enfermedades o al estrés ambiental ocasionados por contaminación o sequía (Acosta-Díaz *et al.*, 2004).

Kwak *et al.* (2009) con base en datos SSR (*Simple Sequence Repeats*), establecieron que el centro de domesticación de *Phaseolus vulgaris* es Mesoamérica, específicamente la cuenca del Río Lerma-Santiago. Años después, Bitocchi *et al.* (2012b) propusieron que hay dos centros de domesticación, uno en Mesoamérica, en el Valle de Oaxaca, y otro en los Andes. en el sur de Bolivia y norte de Argentina. La domesticación de las plantas silvestres establece una interacción dependiente entre éstas y el hombre (Chacón, 2009), ya que son modificadas en beneficio de éste, y a su vez, las plantas dependen del hombre para sobrevivir.

Las especies de *Phaseolus* en México se distribuyen preferentemente en la región occidental y en climas templados. La mayoría de ellas habitan en los bosques de coníferas y encinos. Además, del bosque tropical caducifolio y el mesófilo de

montaña, pocas son exclusivas del matorral xerófilo. Los estados con mayor riqueza son Oaxaca, Jalisco y Durango (Delgado y Gama, 2015).

El Valle de Tehuacán-Cuicatlán (V T-C) es una de las zonas áridas de América del Norte con una gran diversidad biológica, comprende un territorio aproximado de 10,000 km², se localiza entre el sur de Puebla y el norte de Oaxaca (Casas *et al.*, 2001). En esta área Dávila *et al.* (2002), catalogaron 2621 especies de plantas vasculares, registrando una riqueza alta de especies que es inusual en comparación con otras zonas florísticas del país.

En el V T-C se han manejado sus recursos vegetales, tanto agrícolas como etnobotánicos, ya que ha estado poblada desde tiempos prehistóricos por diferentes grupos étnicos (Casas *et al.*, 2008; Lira *et al.*, 2009). Además, Blancas *et al.*, 2010 registraron 610 especies de plantas con algún uso, siendo Fabaceae la tercera familia con más plantas útiles para el hombre.

En la Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Dávila *et al.* (1993) mencionan seis especies de *Phaseolus* cuya nomenclatura ha cambiado en los últimos años (Cuadro 1). Las dos especies más importantes de la región debido a su domesticación y amplia distribución geográfica son *Phaseolus vulgaris* y *P. coccineus*, esta última presenta dos subespecies con 19 variedades de plantas silvestres. Freytag (en Freytag y Debouck, 2002), clasificó estas variedades con base en características cuantitativas y cualitativas de las brácteas, bractéolas, color y abundancia de la pubescencia en otras partes vegetativas. Las subespecies están

separadas por el color de las flores. Ante esta variabilidad, los taxones deben ser delimitados con base en análisis numéricos, mediante métodos estadísticos multivariados como los Análisis de Componentes Principales y de agrupamiento.

Cuadro 1. Especies registradas de *Phaseolus* en la Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, con su sinonimia respectiva.

Dávila <i>et al.</i> (1993)	Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán
<i>Phaseolus coccineus</i> L.	<i>Phaseolus coccineus</i> L.
No incluida en este trabajo	<i>Phaseolus esperanzae</i> Seaton
<i>Phaseolus leptostachyus</i> Benth.	<i>Phaseolus leptostachyus</i> Benth.
<i>Phaseolus microcarpus</i> Mart.	<i>Phaseolus microcarpus</i> Mart
<i>Phaseolus nelsonii</i> Maré., Mash. & Stainier	<i>Phaseolus oaxacanus</i> Rose
<i>Phaseolus pedicellatus</i> Benth.	<i>Phaseolus perplexus</i> A. Delgado
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.

En *Phaseolus* hay pocos estudios donde se hayan aplicado métodos numéricos, entre ellos está el de Meza-Vázquez *et al.* (2015) quienes hicieron un Análisis de Componentes Principales con 12 especies de *Phaseolus* y una matriz con 39 caracteres morfológicos (cualitativos y cuantitativos), registraron que en los primeros tres componentes se explica el 76.9% de la variabilidad de las OTU's analizadas, concluyen que *Phaseolus* presenta gran variabilidad morfológica entre sus especies, los caracteres con mayor variación morfológica fueron forma y tamaño

de la hoja primaria y foliolo central, la longitud de la legumbre y el número de semillas por legumbres y las dimensiones de la semilla.

III PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El género *Phaseolus* tiene especies con importancia económica, además de una riqueza alta de especies en México, para entender y delimitar a las especies distribuidas en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán se necesita realizar un análisis para evaluar los caracteres morfológicos de las mismas, con el fin de proveer descripciones y claves que ayuden a su determinación taxonómica. Además, dada la complejidad morfológica de *P. coccineus*, se requiere realizar un estudio que permita delimitar las subespecies y variedades reconocidas en la Sección Coccinei de Freytag (Freytag y Debouck, 2002).

IV HIPÓTESIS

Los fenogramas y el Análisis de Componentes Principales determinan los caracteres con mayor peso para delimitar a las especies de *Phaseolus* del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, entonces se pueden elaborar claves taxonómicas con base en estos análisis para separar especies, subespecies y variedades propuestas por Freytag (Freytag y Debouck, 2002).

V OBJETIVO GENERAL

Delimitar las especies del género *Phaseolus* que habitan en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

VI OBJETIVOS PARTICULARES

Elaborar las claves taxonómicas de las especies del género *Phaseolus* que se distribuyen en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

Determinar las subespecies y variedades de *Phaseolus coccineus* que se distribuyen en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

Generar las descripciones de cada una de las especies dentro del polígono correspondiente a la Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

Aportar información sobre la ecología y fenología de las especies.

Publicar el tratamiento taxonómico del género *Phaseolus* para la Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

VII MATERIAL Y MÉTODO

7.1 Área de Estudio

El Valle de Tehuacán-Cuicatlán se localiza entre las coordenadas 17°39' y 18°53' N y 96°55' y 97°44' W, abarca el sur del estado de Puebla y el norte de Oaxaca (Dávila *et al.*, 2002) (Figura 1). Rzedowski (2006) consideró que este valle forma parte de la Región Xerofítica Mexicana y se presenta como un intricado mosaico fisiográfico por tener cadenas montañosas con valles internos. La cuenca alta del Río Papaloapan forma parte del valle y recibe los afluentes de los ríos Tehuacán, Calapa

y Zapotitlán. Los principales tipos de suelo son leptosoles de roca caliza, regosoles y feozems, amarillos o rojos. Su temperatura promedio anual es de 21°C, con una precipitación media anual de 400 mm (Dávila *et al.*, 2002), esto se debe al efecto de “sombra orográfica” de la Sierra Madre Oriental (Villaseñor *et al.*, 1990). Los tipos de vegetación que presenta son selvas bajas caducifolias, bosques de encino y juniperus, además del matorral xerófilo (Dávila *et al.*, 2002).

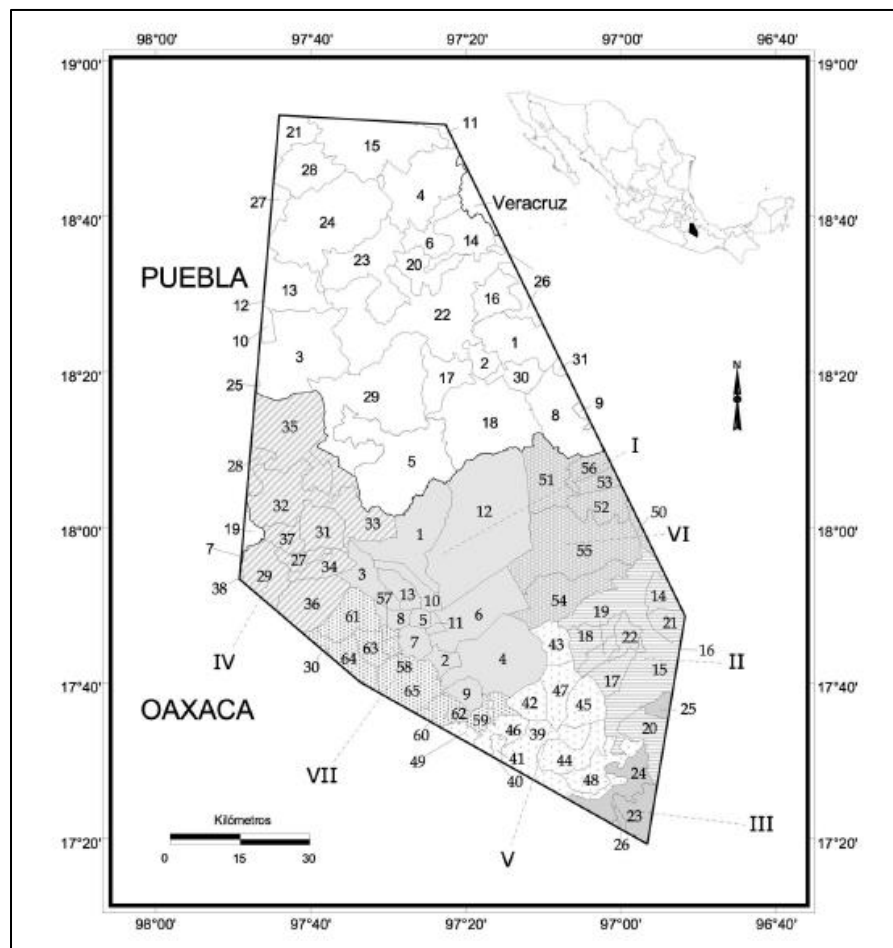


Figura 1. Polígono geográfico que delimita el área de la Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Los distritos están indicados con números romanos y los municipios con arábigos (Olvera-Luna *et al.*, 2012).

7.2 Salida al campo

Con base en la información fenológica y de distribución contenida en las etiquetas de los ejemplares de *Phaseolus* depositados en MEXU, se llevó a cabo una salida al campo durante la temporada de lluvias. Los especímenes colectados se herborizaron de acuerdo con la metodología convencional propuesta por Lot y Chiang (1986). En una libreta de campo fueron registrados los datos de colecta, como nombre de los colectores, número de colecta, nombre de la localidad, fecha, coordenadas, altitud, tipo de vegetación y suelo, además de caracteres que se pudieran perder en el proceso de prensado y secado, entre ellos, color de brácteas, bractéolas y flores. Los ejemplares colectados se determinaron taxonómicamente con literatura especializada.

7.3 Análisis morfométrico de las especies del género *Phaseolus*

Los ejemplares de *Phaseolus* utilizados en este estudio fueron los depositados en Herbario Nacional del Instituto de Biología (MEXU), y los obtenidos durante la salida al campo. En el Cuadro 2, se muestran los datos ecogeográficos y fenológicos de cada especie. Se seleccionaron los ejemplares con mayor número de estructuras tanto vegetativas como reproductivas. Además, se observó el material tipo únicamente en la base digital de *Jstor Global Plants* (ITHAKA, 2020) para observar las características de cada especie y familiarizarse con el grupo de estudio.

Se analizaron siete especies del género *Phaseolus*, construyendo una matriz básica de datos con 127 ejemplares botánicos y 26 caracteres, 11 vegetativos y 15

reproductivos; de estos, 18 son cuantitativos y ocho cualitativos, los primeros se codificaron utilizando el valor máximo de cada estructura y los últimos se consideraron caracteres multiestado (Cuadro 4).

La matriz básica de datos se analizó con el coeficiente de similitud de Pearson en el programa Stata® versión 12 (Stata, 2011), para obtener una matriz de correlación y eliminar los caracteres altamente correlacionados, aquellos con un valor Pearson de $\rho \geq 0.7$, generando una nueva matriz con 18 caracteres. Esta matriz se estandarizó para realizar un Análisis de Componentes Principales y otro de conglomerados mediante el programa NTSYSpc versión 2.11X (Rohlf, 2005), utilizando como método de agrupamiento la media aritmética no ponderada (UPGMA por sus siglas en inglés) (Michener y Sokal, 1957), con los datos obtenidos se generaron en cuadros similares al trabajo de Gutiérrez *et al.* (2017). Por último, se calculó el valor de correlación cofenético del fenograma.

7. 4 Análisis morfométrico de *Phaseolus coccineus*

Se evaluaron 62 ejemplares botánicos depositados en MEXU y dos provenientes de las colectas de campo. Los 64 especímenes fueron determinados *a priori* con las claves taxonómicas de las subespecies y variedades propuestas por Freytag (Freytag y Debouck, 2002).

La matriz básica de datos se generó con 30 caracteres informativos, 12 vegetativos y 19 reproductivos, los cuales, 12 son cuantitativos y 18 cualitativos, estos últimos fueron codificados como multiestado (Cuadro 8), algunos caracteres

no son los mismos que se utilizaron para analizar al género. Se realizó un ACP siguiendo la metodología utilizada para las OTU's de *Phaseolus*, los caracteres altamente correlacionados fueron eliminados por el programa. A partir de los caracteres con mayor peso en el agrupamiento de los primeros componentes principales se realizó el análisis cluster por medio del método de agrupamiento UPGMA.

7.5 Tratamiento taxonómico para la Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán

Se incluyeron 127 ejemplares botánicos. Se registraron, para cada individuo, los datos contenidos en las etiquetas de herbario y los anotados durante las colectas: nombre científico, localidad, estado, distrito, municipio, coordenadas, altitud, fecha de colecta, colector(es), número de colecta, hábitat, suelo y color de las flores. Estos datos fueron útiles para realizar las descripciones de cada uno de los taxones. Los datos de las coordenadas geográficas también fueron obtenidos de las etiquetas de herbario, cuando carecían de este dato fueron georreferenciadas las localidades con Google earth, los sitios de colecta visitados se ubicaron con un geoposicionador satelital Garmin MAP 66i.

Los nombres de las estructuras se basaron en los esquemas de Debouck e Hidalgo (1985) y en las descripciones de Freytag y Debouck (2002) (Figuras 5, 6). Se observaron y tomaron fotografías de ejemplares de *Phaseolus*, con un estereoscopio, para identificar con mayor detalle las estructuras (Figuras 7-12). La descripción de los caracteres cualitativos se hizo con base en los trabajos de

Moreno (1984) y Radford *et al.* (1974). Los colores de las flores, las brácteas y bractéolas se describieron de acuerdo con Freytag y Debouck (2002), además de los datos de las etiquetas de herbario y las observaciones realizadas durante la salida al campo.

Los resultados del análisis de agrupamiento y los caracteres con mayor peso del ACP, fueron utilizados para elaborar las claves taxonómicas de las especies de *Phaseolus* y las subespecies o variedades de *P. coccineus*. La elaboración de las ilustraciones y los mapas de distribución geográfica para la publicación serán elaborados por la editorial. Finalmente se prepararon otras descripciones para la Flora del V T-C, las cuales se ajustaron a los criterios de la editorial.

VIII RESULTADOS

8.1 *Phaseolus* spp.

Se analizaron 127 ejemplares botánicos, 123 depositados en la colección MEXU y cuatro colectas de campo, estas últimas también fueron depositadas en la colección antes indicada. Todos los ejemplares estudiados corresponden a siete especies: *Phaseolus. coccineus*, *P. esperanzae*, *P. leptostachyus*, *P. microcarpus*, *P. oaxacanus*, *P. perplexus* y *P. vulgaris*. El género se distribuye en siete distritos de Oaxaca y en ocho municipios de Puebla localizados en el polígono de la Flora del V T-C (Figura 2).

Los datos fenológicos reproductivos del género se muestran en la Figura 3, y los ecogeográficos de cada especie en el Cuadro 2, donde se observa que las especies se distribuyen en un intervalo amplio de altitudes (de los 960 a 2850 m), excepto *P. esperanzae* (2100 m); la mayoría de las especies de *Phaseolus* habitan en los bosques de encino, excepto *P. microcarpus* que se distribuye en selvas bajas caducifolias y cerca de ríos.

De las etiquetas de herbario se registró una gran diversidad de tipos de suelo (arcillas volcánicas, calizos, limoso-arcilloso de roca ígnea, negro de roca ígnea, arenoso, rojizo, metamórfico esquisto) donde fueron colectadas las especies de *Phaseolus*, excepto *P. oaxacanus*, donde no se indicó este dato, aunque en la salida al campo se observó que se desarrolla en lo que parece ser un Luvisol calizo.

Phaseolus coccineus presenta un periodo fenológico reproductivo amplio, este abarca desde julio hasta diciembre, mientras que *P. esperanzae* y *P. oaxacanus* florecen y fructifican en septiembre, esto puede deberse a que fueron colectados pocos ejemplares por especie o que estas especies están poco representadas en la región.

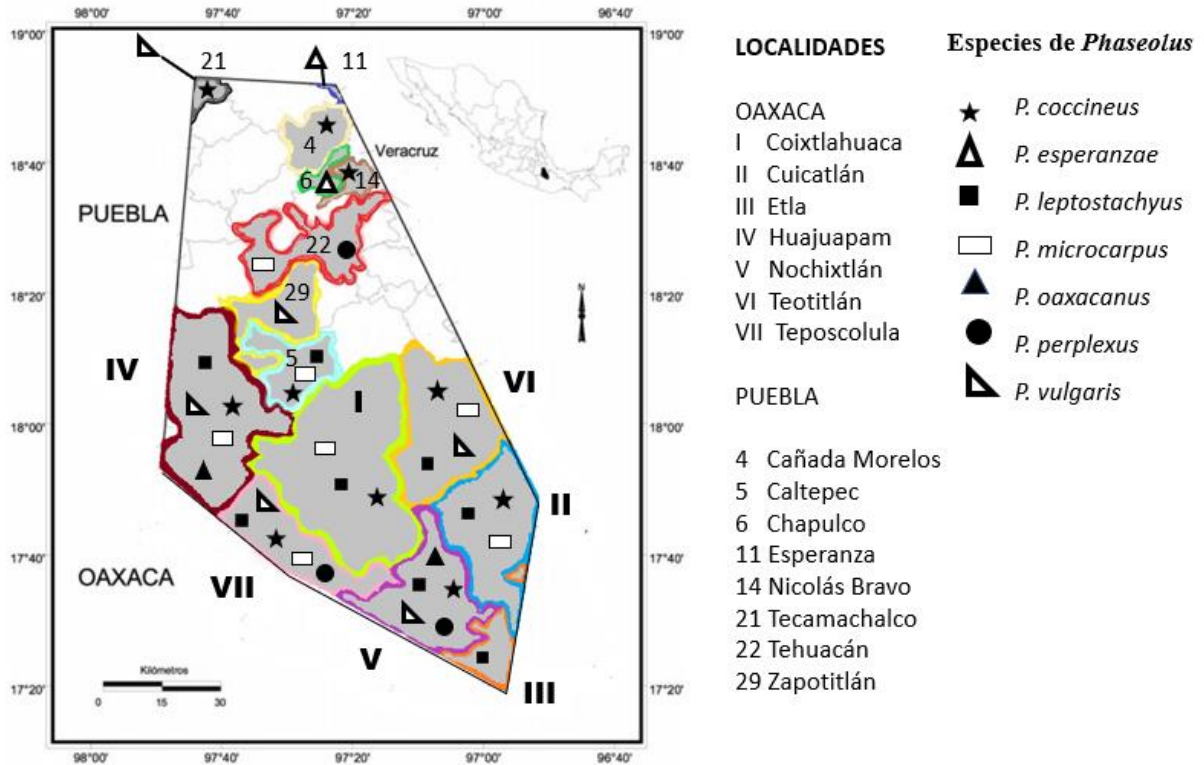


Figura 2. Área de la Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán y la distribución de las especies de *Phaseolus*. La numeración está basada en la Flora del V T-C.

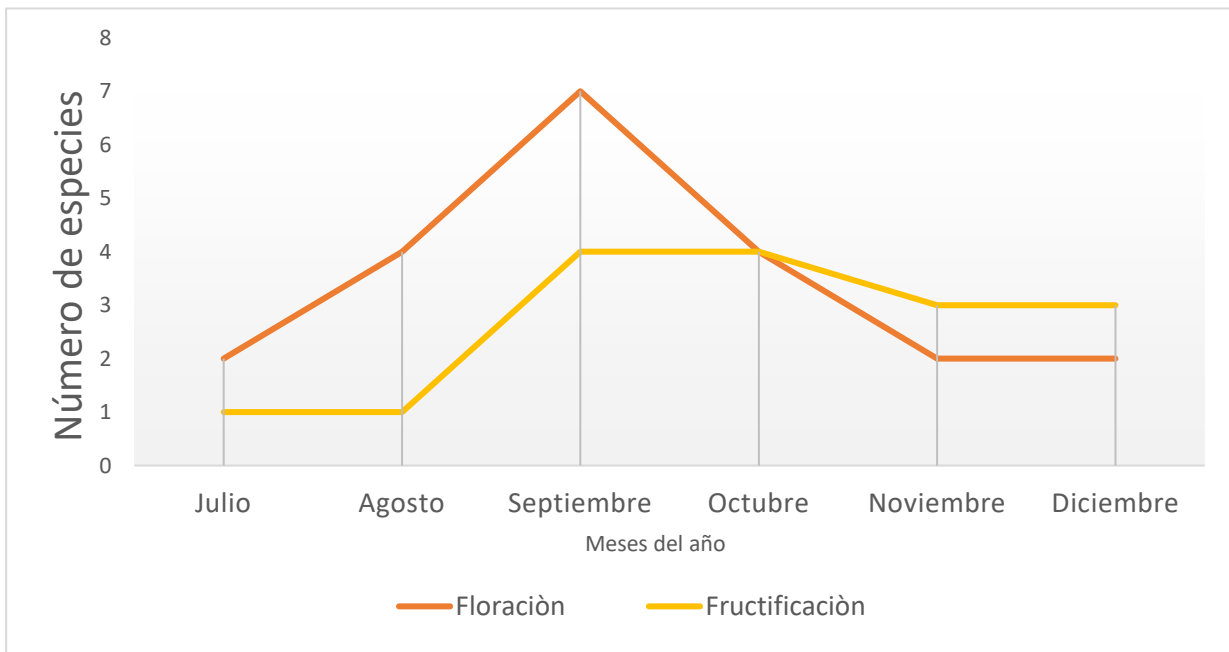


Figura 3. Fenología reproductiva de las especies de *Phaseolus* distribuidos en el polígono de la Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

Cuadro 2. Datos del ambiente en el cual se establecen las especies de *Phaseolus* en el área de la Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

Especie	Número de ejemplares	Altitud (m)	Tipo de vegetación (Rzedowski, 2006)	Suelo
<i>Phaseolus coccineus</i>	64	1880 a 2850	bosque de encino, bosque de pino-encino, matorrales espinosos, sobre el talud de la carretera	arcillas volcánicas, pedregosos sobre caliza, a veces sobre arenas o suelos rojizos.
<i>P. esperanzae</i>	2	2100	bosque de encino y en vegetación perturbada	caliza
<i>P. leptostachyus</i>	33	1500 a 2400	bosque de encino, bosque de encino- <i>Juniperus</i> , bosque de pino-encino, matorral xerófilo, selva baja caducifolia	arenoso amarillo, caliza, limoso-arcilloso de roca ígnea, negro de roca ígnea, pedregoso
<i>P. microcarpus</i>	14	960 a 1900	selva baja caducifolia	suelo de roca caliza y metamórfico esquisto
<i>P. oaxacanus</i>	2	1600 a 2700	bosque de encino	sin dato en etiqueta de herbario (Luvisol calizo en campo)
<i>P. perplexus</i>	4	1600 a 2600	bosque de encino	negro de origen volcánico, arcillas, suelos rojizos.
<i>P. vulgaris</i>	7	1700 a 2500	Pastizal, matorral xerófilo, bosques de encino	calizo

8.2 Salida al campo

Se colectaron cuatro ejemplares en el mes de octubre (Cuadro 3) los cuales fueron fotografiados (Figura 4) y determinados taxonómicamente en campo con las claves de Freytag y Debouck (2002), posteriormente fueron herborizados y depositados en las colecciones MEXU y FEZA, los duplicados obtenidos serán intercambiados con otros herbarios.

Cuadro 3. Datos de los ejemplares colectados durante la salida al campo

Especies	Localidad	Coordenadas	Altitud (m)	Número de colecta	Colector
<i>P. coccineus</i> ssp. <i>striatus</i>	Santiago Apoala. Dist. Nochixtlán	17°38'46'' N; 97°8'38'' O	2022	164	D.L. Hernández con A. Delgado-Salinas
<i>P. perplexus</i>	El Boquerón, entrada a San Miguel Huautla. Dist. Nochixtlán	17°43'14.2''N; 97°9'17.2''O	2112	165	D. L. Hernández con A. Delgado-Salinas
<i>P. coccineus</i> ssp. <i>striatus</i>	Centro de San Pedro Nopala. Dist. Teposcolula	17°48'14.1''N; 97°32'30.2''O	2125	166	D. L. Hernández con A. Delgado-Salinas
<i>P. leptostachyus</i>	Camino a Membrillos desde Santa Catarina Zapoquila Dist. Huajuapán de León	18°3'15.9''N; 97°34'49.4''O	2070	167	D. L. Hernández con A. Delgado-Salinas

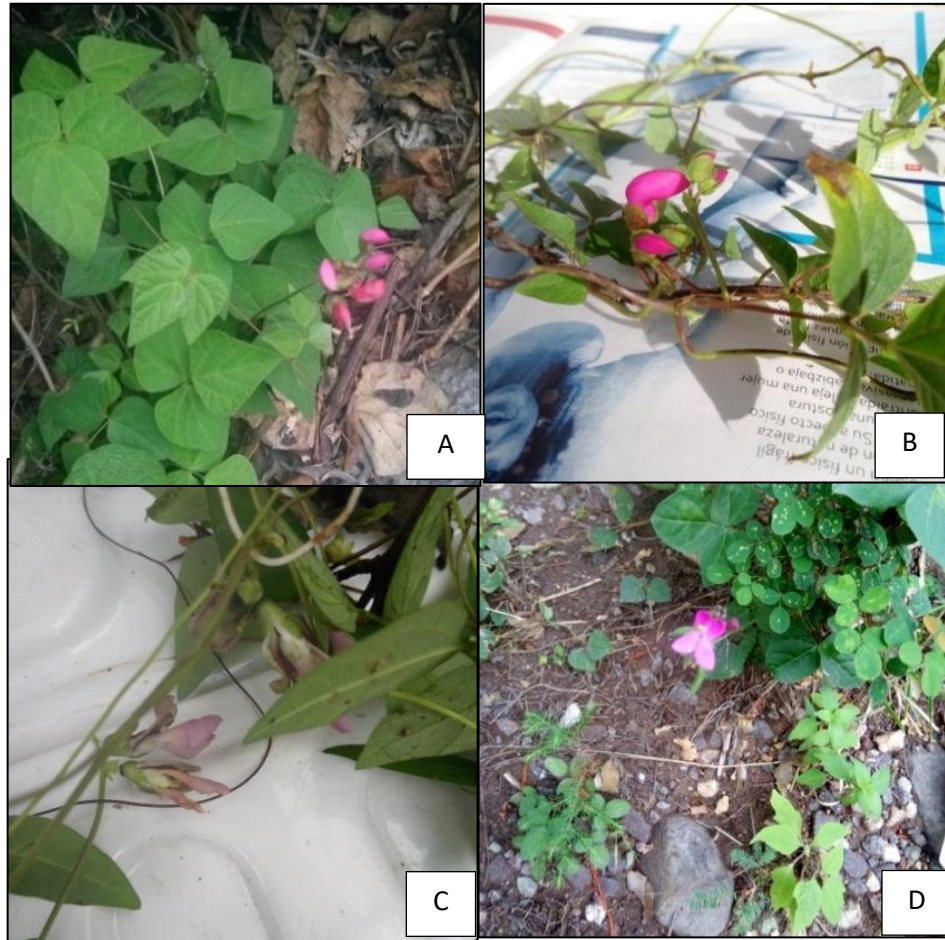


Figura 4. Ejemplares colectados en campo. A y B. *Phaseolus coccineus* ssp. *striatus*, C. *P. perplexus* y D. *P. leptostachyus*.

8. 3 Resultados de la matriz de datos de *Phaseolus*

El total de caracteres empleados para elaborar la matriz fueron 26, 18 cuantitativos y ocho cualitativos, de éstos, 11 fueron vegetativos y 15 reproductivos. La codificación de los caracteres cualitativos se muestra en el Cuadro 4. Las estructuras evaluadas del género *Phaseolus* se observan en las Figuras 5-12.

De la matriz de correlación se eliminaron los atributos altamente correlacionados, quedando 18 de los 26 caracteres, de éstos diez son cuantitativos y ocho cualitativos, además, siete son vegetativos y 11 reproductivos.

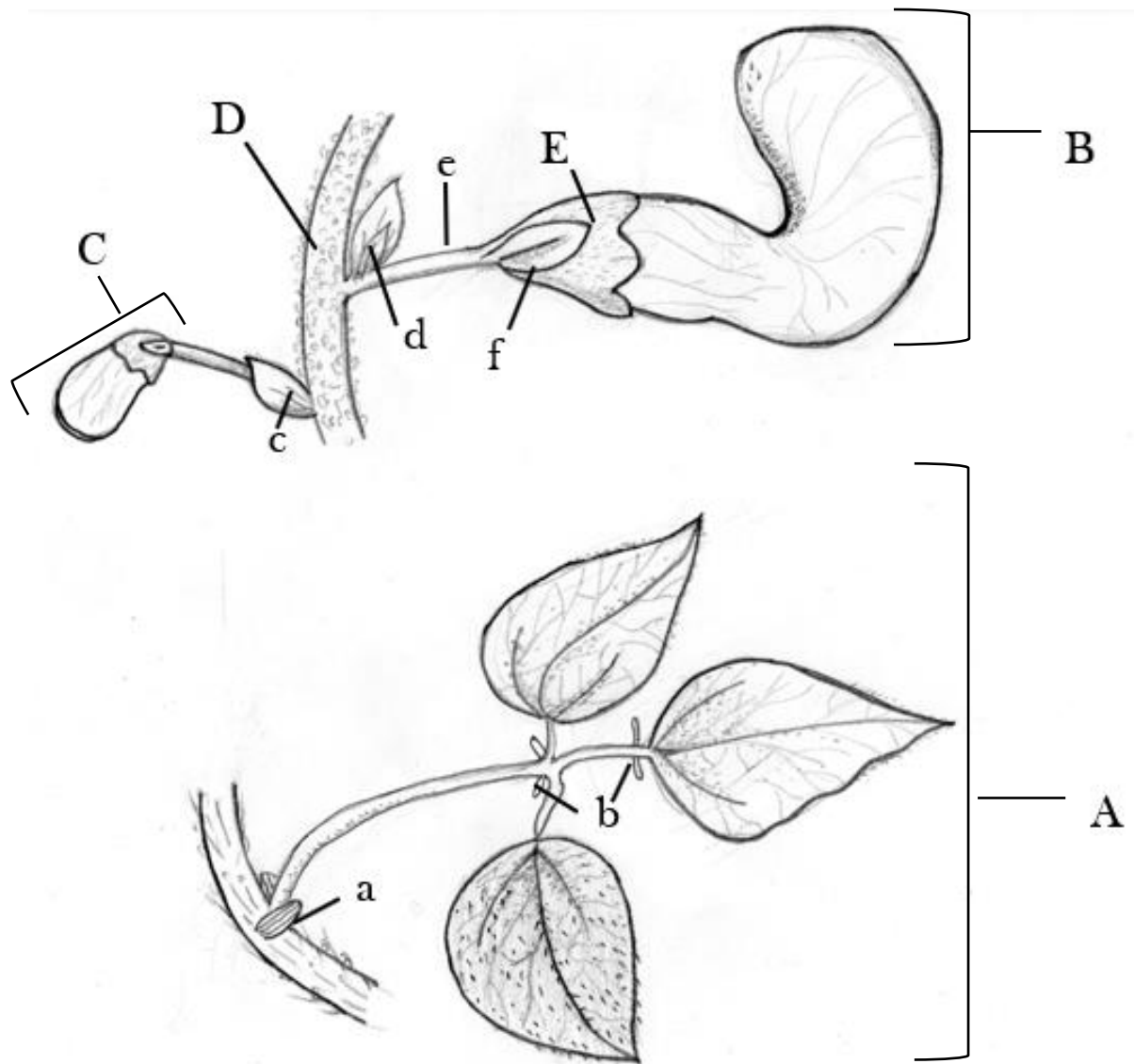


Figura 5. Morfología reproductiva y vegetativas de *Phaseolus*. A. Foliolos. B. Flor vista de perfil. C. Botón floral. D. Raquis de la inflorescencia. E. Cáliz. a. Estípula. b. Estípelas. c. Bráctea primaria, d. Bráctea secundaria. e. Pecíolo. f. Bractéola.

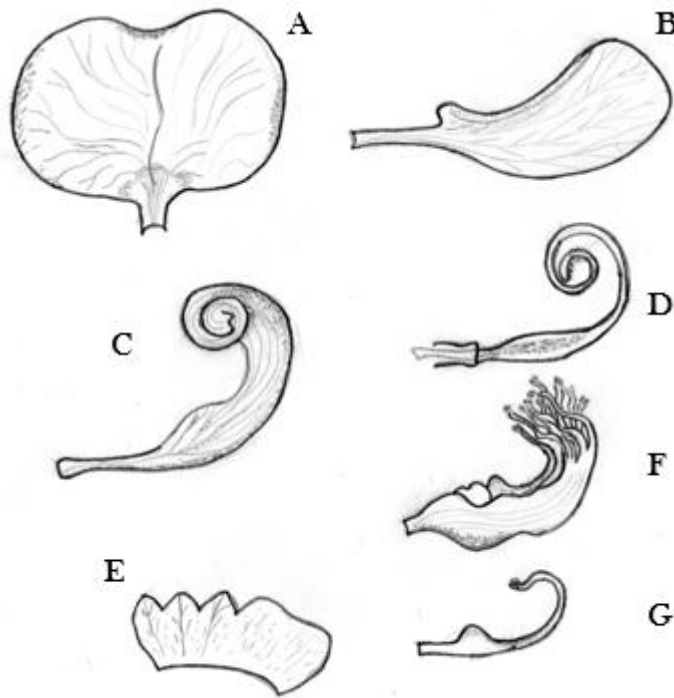


Figura 6. Partes de la flor de *Phaseolus*. A. Estandarte. B. Ala. C. Quilla. D. Gineceo. E. Cáliz extendido, del lado izquierdo se muestran los tres dientes inferiores y en el derecho los dos dientes superiores unidos. F. Androceo. G. Estambre vexilar.



Figura 7. Flores de *Phaseolus coccineus* ssp. *coccineus* y *P. leptostachyus*, observadas a través del estereoscopio mostrando el estambre vexilar y los apéndices encerrados en un ovalo.

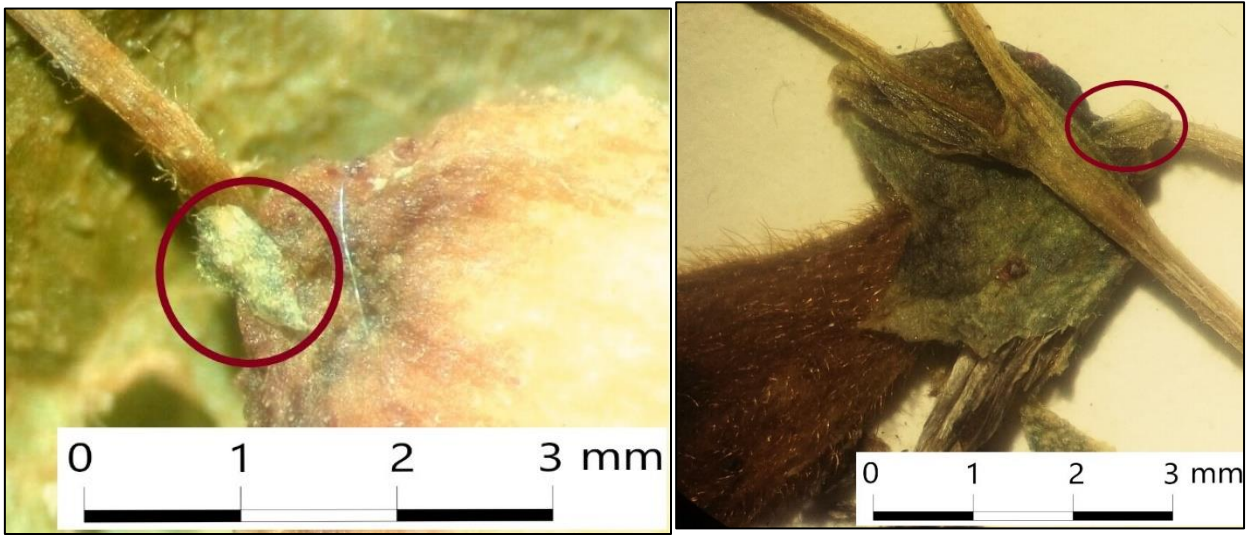


Figura 8. Bractéolas de *Phaseolus esperanzae* observadas a través del estereoscopio. Izquierda en la flor, derecha persistente en la vaina inmadura.



Figura 9. Legumbre y semillas de *Phaseolus leptostachyus*, observadas a través del estereoscopio.

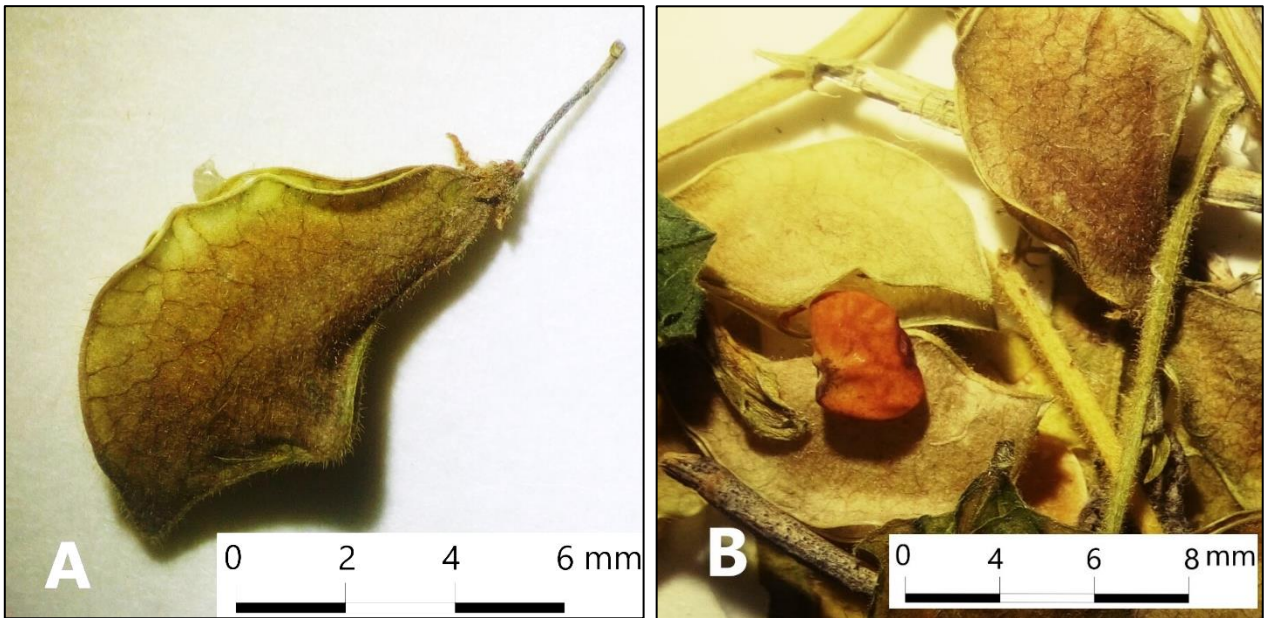


Figura 10. Legumbres de *Phaseolus microcarpus*. A. Legumbre con forma redonda-romboide característica de esta especie. B. Semilla.

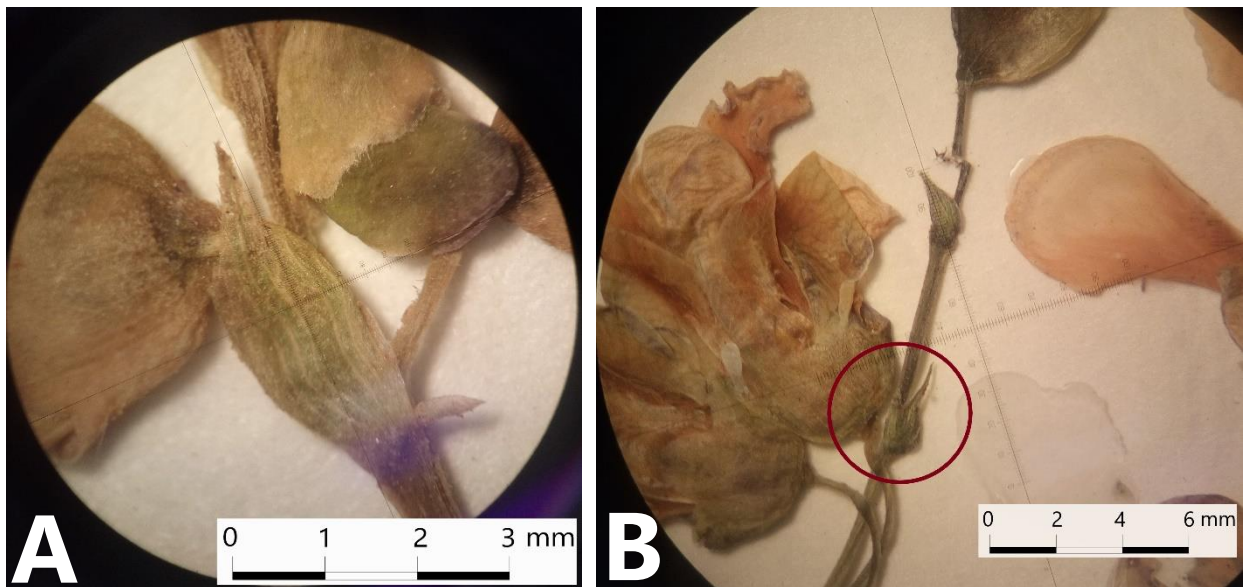


Figura 11. Brácteas primarias de *Phaseolus oaxacanus*. A. Bráctea primaria del ejemplar de la zona de la FV T-C. B. Ejemplar del MEXU que no es de la zona (sur de Oaxaca). El círculo señala la bráctea primaria con el ápice 2-dentado.



Figura 12. Bractéola (círculo) y bráctea primaria (rectángulo) de *Phaseolus perplexus*.

Cuadro 4. Codificación de los atributos cualitativos considerados en el análisis morfométrico del género *Phaseolus*.

Carácter	Estado de carácter
Forma de la estípula (Radford <i>et al.</i> , 1974)	oblonga = 1, ampliamente ovada = 2, ovada = 3, estrechamente triangular = 4, triangular = 5, largamente triangular = 6, lanceolada = 7
Forma de los folíolos apicales (Moreno, 1984)	oblongo-ovada = 1, ovada = 2, romboide = 3, trulada = 4, deltada = 5, triangular = 6, hastiforme = 7, lanceolada = 8
Base del folíolo apical (Moreno, 1984)	Truncada = 1, cuneada = 2, obtusa = 3, redondeada = 4
Forma de las brácteas (Radford <i>et al.</i> , 1974)	Lanceolada = 1, triangular = 2, ovada = 3, oblonga = 4, ampliamente ovada = 5
Forma de las bractéolas (Radford <i>et al.</i> , 1974)	Linear = 1, lanceolada = 2, ovada = 3, oblonga = 4, ampliamente ovada = 5, elíptica = 6
Color de la bractéola, planta herborizada	verde = 1, verde/ con mácula morada = 2, morado = 3, blanco = 4, incoloro = 5
Color de la flor, según la etiqueta de herbario	rojo = 1, rosado = 2, lila = 3, blanco = 4
Color de la flor, planta herborizada	Rojo = 1, rosado = 2, lila = 3, blanco = 4

8.4 Resultado del Análisis de Componentes Principales en *Phaseolus*

Los datos estadísticos de los caracteres cuantitativos de la matriz estandarizada por el ACP se muestran en el Cuadro 5. En este análisis los tres primeros componentes explican el 56.5% de la variabilidad entre las OTU's. Nueve de los 18 caracteres tienen la mayor variación (valores propios ≥ 0.56) (Cuadro 6).

Las OTU's y caracteres proyectados en los dos primeros componentes se muestran en las Figuras 13 y 14. En el primer caso se observa que las OTU's determinadas como *Phaseolus leptostachyus* se separan de los demás grupos. *P. coccineus* forma un grupo heterogéneo donde se incluyen OTU's reconocidos como *P. vulgaris*, *P. perplexus* y los OTU's correspondientes a *P. microcarpus* generan otro grupo donde se incluyen OTU's de *P. esperanzae* y *P. oaxacanus*. En el segundo caso se observa que en el componente 1 los caracteres más distantes del cuadrante positivo al negativo son el número de nervaduras en la bractéola y el color de ésta, mientras que en el componente 2, los caracteres más distantes del cuadrante positivo al negativo son la forma del folíolo apical y el largo de la bráctea primaria.

Cuadro 5. Análisis estadístico de los caracteres cuantitativos del género *Phaseolus*. μ = media aritmética, σ = desviación estándar, Min= valor mínimo, Max= valor máximo; n= número de individuos evaluados.

Caracteres	μ	Σ	Min.	Max.
Estípula				
Longitud mm (n=122)	4.15	1.19	2	7
Número nervaduras máximas (n=123)	8.5	2.20	3	14
Hoja				
Longitud cm (n=116)	9.47	4.56	3.5	31.6
Pulvínulo longitud mm (n=117)	2.33	0.64	1.25	5
Inflorescencia				
Longitud cm (n=119)	14.62	7.91	2	43
Número de nodos florales (n=119)	6.83	3.87	1	19
Brácteas primarias				
Longitud mm (n=122)	4.51	1.49	1.5	10
Número de nervaduras conspicuas (n=120)	7.16	2.67	3	14
Bractéola				
Número de nervaduras conspicuas (n=109)	7.30	5.06	0	19
Flor				
Cáliz longitud mm (n= 116)	4.12	1.43	1	9

Cuadro 6. Resultados del Análisis de Componentes Principales de 18 caracteres de las especies del género *Phaseolus* en los primeros tres componentes. Los valores en negrita son los de mayor peso.

Componente	1	2	3
Valores propios	4.68	3.42	2.06
Proporción	26.02	19.03	11.49
Proporción acumulada	26.02	45.05	56.54
Forma de la estípula	0.75	0.16	0.09
Longitud de la estípula	-0.52	-0.61	0.19
Estípula número de nervaduras conspicuas	-0.41	-0.68	0.31
Hoja longitud cm	0.47	-0.39	-0.33
Pulvínulo longitud mm	0.32	-0.42	-0.34
Forma de los folíolos apicales	0.67	0.39	0.14
Base del folíolo apical	-0.47	-0.02	0.10
Inflorescencia longitud cm	0.24	-0.65	-0.40
Número de nodos florales	0.006	-0.51	-0.59
Brácteas primarias forma	-0.21	-0.05	0.60
Brácteas primarias longitud mm	-0.13	-0.80	0.09
Brácteas primarias número de nervaduras conspicuas	-0.25	-0.69	0.32
Bractéola forma	0.53	-0.09	0.56
Bractéola color	-0.84	0.25	-0.14
Bractéola número de nervaduras conspicuas	0.85	-0.30	0.31
Cáliz longitud mm	0.55	-0.29	0.39
Flor color, según la etiqueta de herbario	-0.69	0.18	0.28
Flor color, planta herborizada	-0.04	-0.04	0.18

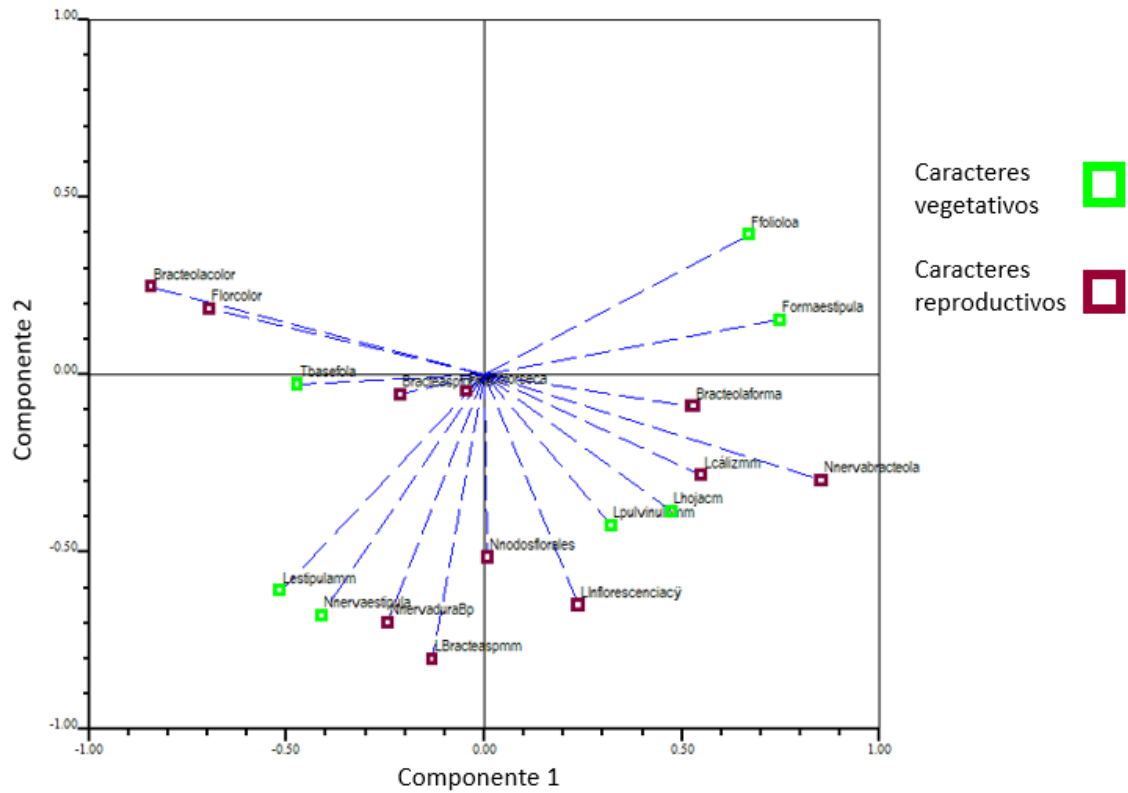


Figura 13. OTU's correspondientes a *Phaseolus* proyectados en los dos primeros componentes principales.

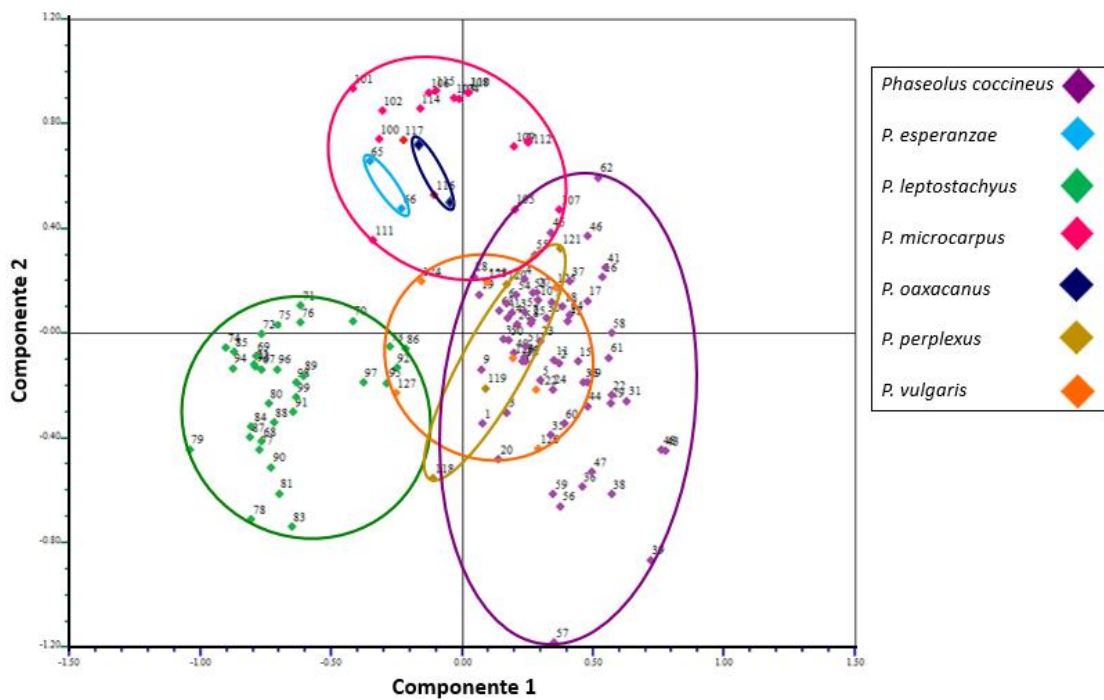


Figura 14. Los 18 caracteres analizados del género *Phaseolus* proyectados en los primeros dos componentes principales.

8.5 Resultados del análisis de agrupamiento de los OTU's correspondientes a *Phaseolus*

El fenograma obtenido registró un valor de $r = 0.73$ (Figura 13 y 14), y muestra que las OTU's forman un solo grupo, donde se separa el ejemplar 57 correspondiente a *Phaseolus coccineus*. El subgrupo B contiene 126 OTU's y de ellos se separan todos los ejemplares de *P. perplexus*, que a 1.60 de distancia se unen a seis de los siete ejemplares de *P. vulgaris*, a estos se añaden a 1.50 todos los ejemplares (33) de *P. leptostachyus*. Entre 1.40 y 1.50 de distancia se forman dos conjuntos, el primero se separa a 1.10 e incluye 14 especímenes de *P. microcarpus*, y a una distancia menor de 0.80 se enlazan *P. oaxacanus* y *P. esperanzae*. El segundo conjunto agrupa ejemplares de *P. coccineus* y una OTU de *P. vulgaris*.

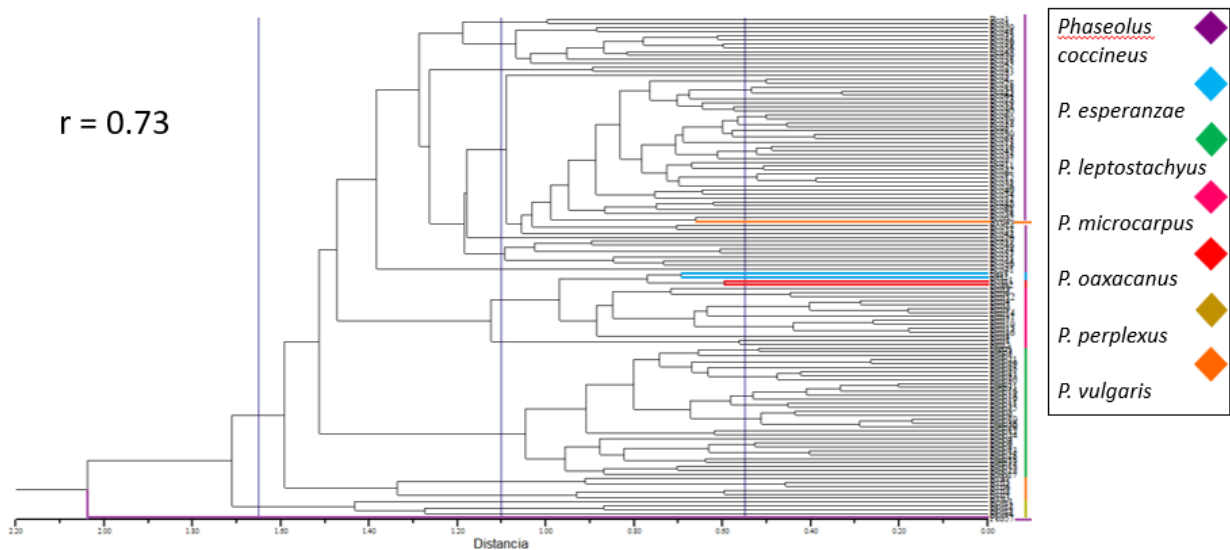


Figura 15. Fenograma de 127 OTU's de *Phaseolus* ($r = 0.73$).

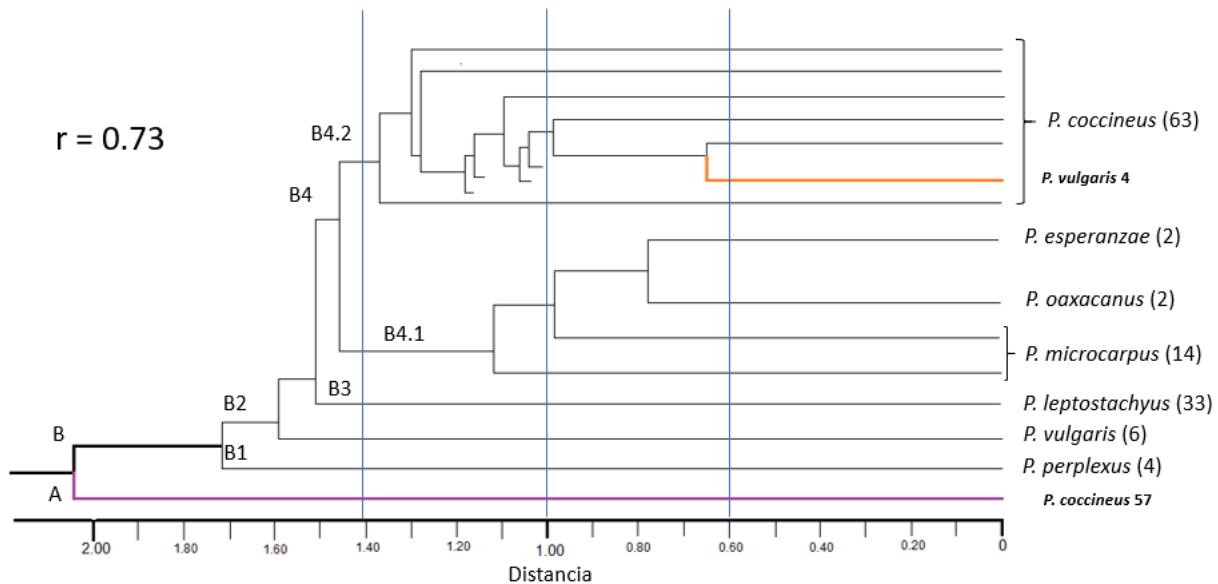


Figura 16. Fenograma obtenido de 127 OTU's correspondientes a siete especies del género *Phaseolus* ($r = 0.73$). Las letras mayúsculas indican los grupos formados. Los números entre paréntesis corresponden a la cantidad individuos de cada grupo. En *P. vulgaris* y *P. coccineus* los números corresponden al ejemplar que se integró a otro grupo.

8.6 Resultados de *Phaseolus coccineus*

En el Cuadro 7 se indican las características morfológicas útiles para separar las subespecies de *Phaseolus coccineus*. De los 64 ejemplares analizados, 32 fueron determinados como subespecie *coccineus*, de éstos, 21 correspondieron a la var. *argenteus* y ocho a la var. *lineatibracteolatus*, mientras que de los 32 ejemplares de la subespecie *striatus*, 25 se correspondieron a la var. *striatus* y siete fueron asignados a la var. *pringlei*. La codificación de los caracteres se indica en el Cuadro 9, se puede observar que se registraron caracteres más específicos que no fueron

usados para analizar al género, en especial características de las brácteas y bractéolas.

Cuadro 7. Características consideradas para separar a las subespecies y variedades de *Phaseolus coccineus* según Freytag (Freytag y Debouck, 2002).

Subespecie	Variedad	Características	Distribución
<i>coccineus</i>		flores rojas	
	<i>coccineus</i>	bractéolas de más de 3.5 mm de largo, más grandes que el cáliz, ovadas, oblongas o lanceoladas, lámina de las hojas verde oscuro en el lado adaxial, verde claro en el abaxial; inflorescencias usualmente muy largas con flores y frutos laxamente distribuidos en el raquis.	distribución amplia en México, que se extiende hacia las tierras altas de Centro América, 1170 a 3250 m de altitud.
	<i>argenteus</i>	bractéolas de más de 3.5 mm de largo, más grandes que el cáliz, ovadas, oblongas o lanceoladas, lámina de la hoja verde oscuro en el lado adaxial, verde plateado en el abaxial, folíolo terminal ligeramente triangular, base truncada.	montañas de Oaxaca con clima secos. Norte de Teotitlán del Valle, camino a Benito Juárez (altitud 2100 m.
	<i>lineatibracteolatus</i>	bractéolas de menos de 3.5 mm de largo, del mismo tamaño que el cáliz o menores, 6 a 9 nervaduras, folíolos ovados a oblongo-ovados.	Centro de México, Oaxaca a San Luis Potosí, 1800-2200 m.

Continuación cuadro 7.

<i>Striatus</i>	flores lilas o rosadas, enredadera.	
<i>striatus</i>	bractéolas de más de 4.5 mm de largo, densamente pubescentes especialmente en los márgenes, 8 a 11 nervaduras; brácteas primarias lanceoladas, de más de 4.5 mm de longitud, folíolo terminal romboide o triangular.	Centro de México: Estado de México, Morelos, Puebla-Oaxaca, en el límite norte de Huajuapán de León, 2340-2740 m.
<i>pringlei</i>	bractéolas de 7 a 10 mm de largo, dos veces más largas que el cáliz, estrigosas, muy pubescentes a lo largo del raquis de la inflorescencia.	Centro de México, hasta el norte de San Luis Potosí, 2370 m.

Cuadro 8. Codificación de los atributos cualitativos de *Phaseolus coccineus*.

Carácter	Estado de carácter
Color del tallo, planta herborizada	verde = 1, morado = 2, verde con máculas moradas = 3
Color de la pubescencia del tallo, planta herborizada	blanquecina = 1, amarillenta = 2
Forma de la estípula (Radford <i>et al.</i> , 1974)	lanceolada = 1, triangular = 2, estrechamente triangular = 3
Pubescencia de la estípula (Moreno, 1984)	glabra = 1, escasamente pubescente = 2, pubescente = 3
Forma del folíolo apical	ovada = 1, trulada = 2, deltada = 3, hastiforme = 4
Forma de la base del folíolo apical (Moreno, 1984)	truncada = 1, cuneada = 2, obtusa = 3
Color de la lámina de los folíolos, planta herborizada	verde claro abaxial = 1, verde plateado abaxial = 2, verde grisáceo abaxial = 3

Continuación cuadro 8.

Color de la lámina de las brácteas primarias, planta herborizada	verde = 1, verde con máculas moradas = 2, morada = 3
Pubescencia de las brácteas primarias	glabra = 1, pubescente en ambas caras de la lámina = 2, pubescente en el haz = 3, pubescente en el envés = 4, tricomas marginales conspicuos = 5
Forma de las brácteas primarias (Radford <i>et al.</i> , 1974)	lanceolada = 1, triangular = 2, ovada = 3
Forma de la bractéola (Radford <i>et al.</i> , 1974)	lanceolada = 1, oblonga = 2, ovada = 3, ampliamente ovada = 4, elíptica = 5
Superficie de las láminas de las bractéolas	estriada = 1, multinervadas (más de 11 nervaduras) = 2, lisa = 3
Pubescencia de la bractéola (Moreno, 1984)	hispida = 1, pubescente = 2, tricomas marginales conspicuos = 3, pilosa = 4, glabra = 5, escasamente pubescente = 6
Color de la pubescencia de la bractéola, planta herborizada	blanquecino = 1, amarillento = 2, sin pubescencia = 3
Color de la bractéola, planta herborizada	verde = 1, verde con máculas moradas = 2, morada = 3
Relación longitud del cáliz y la bractéola	1:1 (mismo tamaño) = 1, 1:1 ¼ (bractéola ligeramente más grande) = 2, 1:2 (bractéola dos veces más grande) = 3, 1: ½ (bractéola a la mitad de tamaño)
Color de la flor, según la etiqueta de herbario	roja = 1, lila = 2, rosado = 3, blanco = 4
Color de la flor, planta herborizada	morado = 1, lila = 2, rosado = 3, blanco = 4

8.7 Resultados del Análisis de Componentes Principales de *Phaseolus coccineus*

Los datos cuantitativos de la matriz estandarizada del ACP se muestran en el Cuadro 9.

Los tres primeros componentes explican el 29% de la variabilidad de los ejemplares de esta especie. Doce de los 30 caracteres analizados tienen mayor peso en el agrupamiento (valores propios ≥ 0.46) (Cuadro 10).

Cuadro 9. Análisis estadístico de los 12 caracteres morfológicos cuantitativos evaluados de las OTU's correspondientes a *Phaseolus coccineus*. μ = media aritmética, σ = desviación estándar, Min= valor mínimo, Max= valor máximo.

Carácter	μ	σ	Min	Max
Estípulas				
Largo (mm) (n=62)	3.90	0.68	2	5
Número de nervaduras (n=64)	8.39	1.44	4	11
Hoja				
Largo del pulvínulo de la hoja (mm) (n=63)	2.52	0.76	2	5
Largo de la hoja (cm) (n= 62)	10.72	5.15	3.7	31.6
Inflorescencia				
Largo (cm) (n=63)	17	8.32	3.47	43
Largo del primer entrenudo (mm) (n=63)	11.04	6.73	0.7	39
Brácteas primarias				
Número de nervaduras (n= 64)	7.01	1.99	3	12
Largo (mm) (n=64)	4.73	1.27	3	10
Bractéola				
Largo (mm) (n=64)	5.56	1.37	2	9
Relación de la longitud entre el cáliz y la bractéola (n=64)	1.94	0.85	1	4
Número de nervaduras (n=64)	10.64	2.17	7	15
Cáliz				
Largo (mm) (n=64)	4.70	0.80	3	7

Cuadro 10. Resultados del Análisis de Componentes Principales de los 30 caracteres pertenecientes a las OTU's de *Phaseolus coccineus* en los primeros tres componentes. Los valores en negrita son los de mayor peso.

Componente	1	2	3
Valores propios	3.54	2.98	2.36
Proporción	11.80	9.94	7.88
Proporción acumulada	11.80	21.74	29.62
Tallo color	0.16	0.18	0.32
Tallo color de la pubescencia	-0.40	0.21	0.08
Estípula largo mm	-0.19	-0.59	0.19
Estípula número de nervaduras	-0.17	-0.46	-0.01
Estípula forma	0.09	0.08	-0.48
Estípula pubescencia	0.18	0.20	-0.23
Hoja largo del pulvínulo mm	-0.60	0.01	0.07
Hoja largo cm	-0.84	-0.08	-0.006
Foliolo apical forma	0.26	-0.17	0.10
Foliolo apical forma de la base	0.14	0.06	-0.28
Foliolos color de la lámina	0.001	0.03	-0.51
Inflorescencia largo cm	-0.73	-0.19	0.05
Inflorescencia largo del primer entrenudo mm	-0.65	-0.11	0.08
Brácteas primarias largo	-0.31	-0.47	0.08
Brácteas primarias número de nervaduras	-0.30	-0.30	-0.15
Brácteas primarias forma	0.32	-0.29	0.32
Brácteas primarias color	0.10	0.40	0.61
Brácteas primarias pubescencia	-0.13	-0.06	0.18
Bractéola largo mm	0.10	-0.77	0.34
Relación de la longitud entre el cáliz y la bractéola	0.35	-0.20	-0.04
Bractéola número de nervaduras	0.02	-0.61	0.09
Bractéola forma	0.24	0.007	0.16
Bractéola superficie de la lámina	0.12	-0.29	-0.01
Bractéola pubescencia	-0.24	-0.18	-0.25
Bractéola color pubescencia	0.28	-0.19	-0.04
Bractéola color	0.21	0.22	0.71
Bractéola color de las estrías	0.32	-0.44	0.003
Cáliz largo mm	-0.06	0.07	0.46
Color de la flor	0.53	-0.47	-0.19
Color de la flor observada	-0.22	-0.01	0.22

La proyección de los individuos y de los caracteres en los primeros dos componentes se pueden observar en las Figuras 17 y 18. En la Figura 17 se observa que los polígonos de las variedades se sobreponen, en los ejemplares de la var. *lineatibracteolatus* sólo incluyen un espécimen de *P. coccineus* ssp. *coccineus* var. *coccineus*, presentando flores rojas igual que la primera variedad. Los demás polígonos son muy heterogéneos en relación con las variedades que incluyen, debido a la alta variabilidad morfológica de éstas.

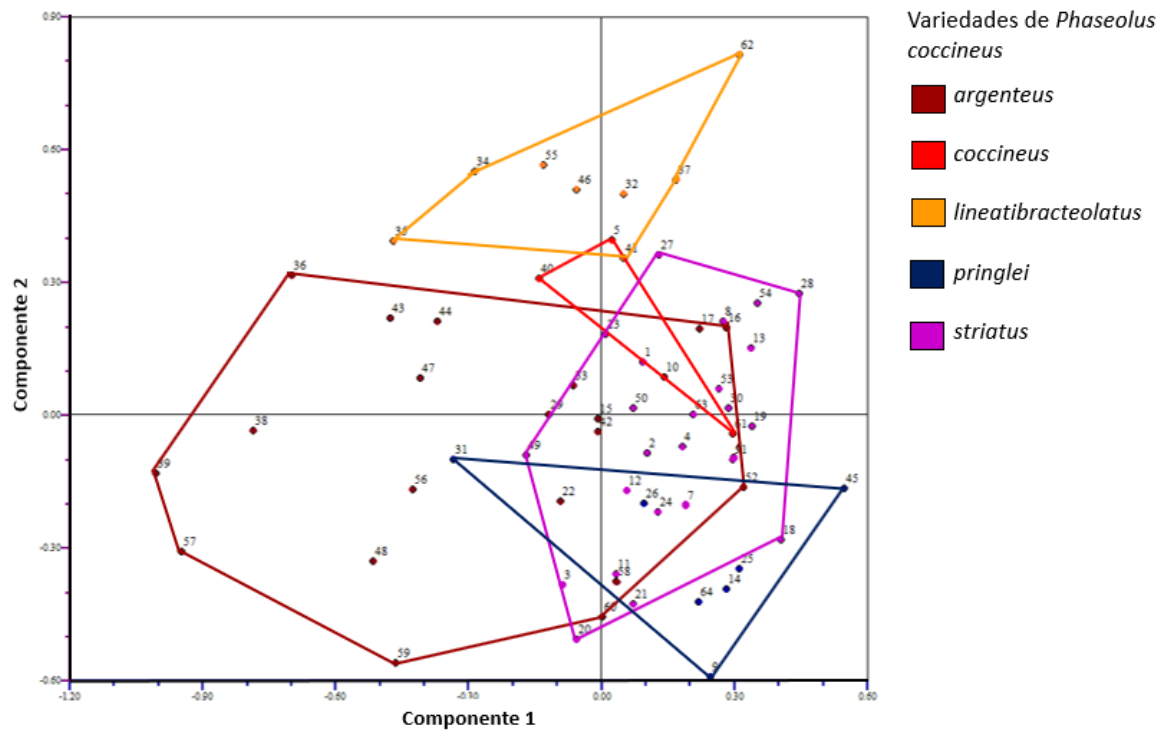


Figura 17. OTU's correspondientes a *Phaseolus coccineus*, proyectados sobre los primeros dos componentes.

En la Figura 18 los caracteres con mayor peso del lado positivo al negativo en el componente 1 son el color de la flor (0.5311) y el largo de la hoja (-0.8363), en el componente 2 el color de la bráctea primaria (0.4047) y el largo de la bractéola (-0.7681).

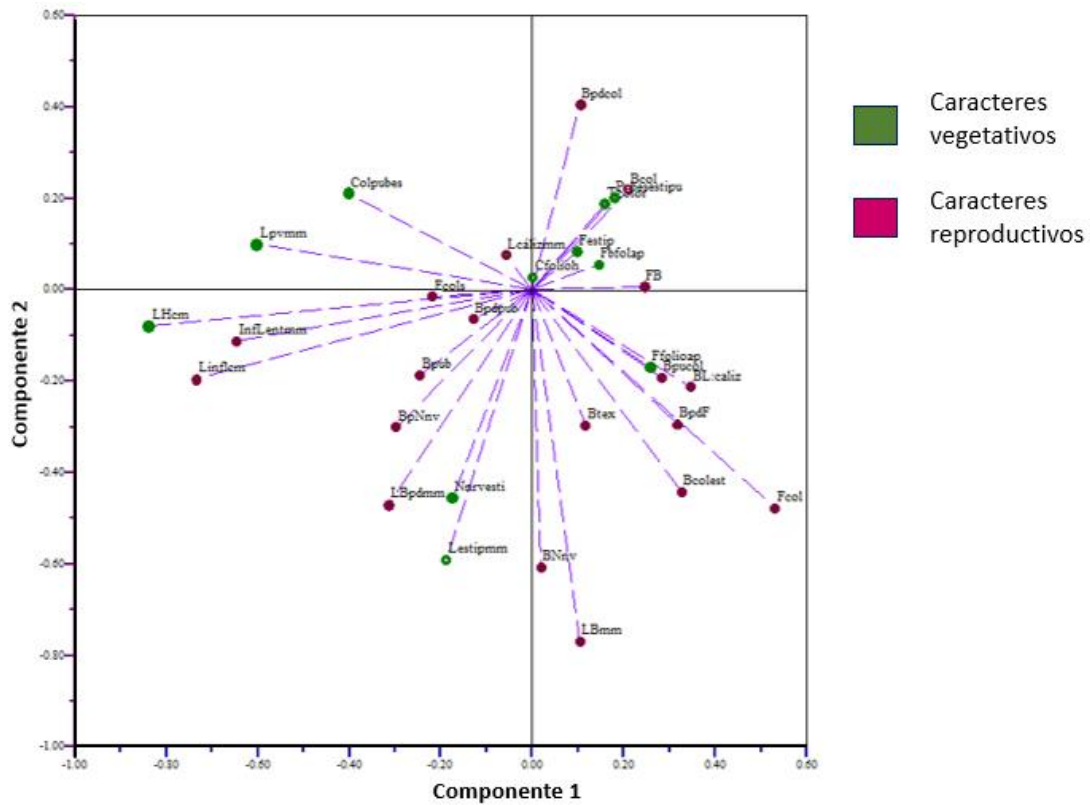


Figura 18. Los 30 caracteres analizados correspondientes a las OTU's de *Phaseolus coccineus*, proyectados en los primeros dos componentes.

8.8 Resultados del análisis de agrupamiento de las OTU's de *Phaseolus coccineus*

El fenograma muestra un grupo y dos subgrupos A y B, en ellos debido a la variabilidad morfológica alta de las OTU's, estas no se agruparon de acuerdo con la propuesta de Freytag (Freytag y Debouck, 2002) (Figura 19). En la Figura 20 se observan los polígonos obtenidos con los grupos formados en el fenograma, observándose que también se sobreponen, únicamente se separa el grupo A con individuos de flores rojas, hojas e inflorescencias largas y brácteas primarias verdes, y el grupo B6 con ejemplares de flores lilas y rosadas con bractéolas muy largas y nervaduras conspicuas.

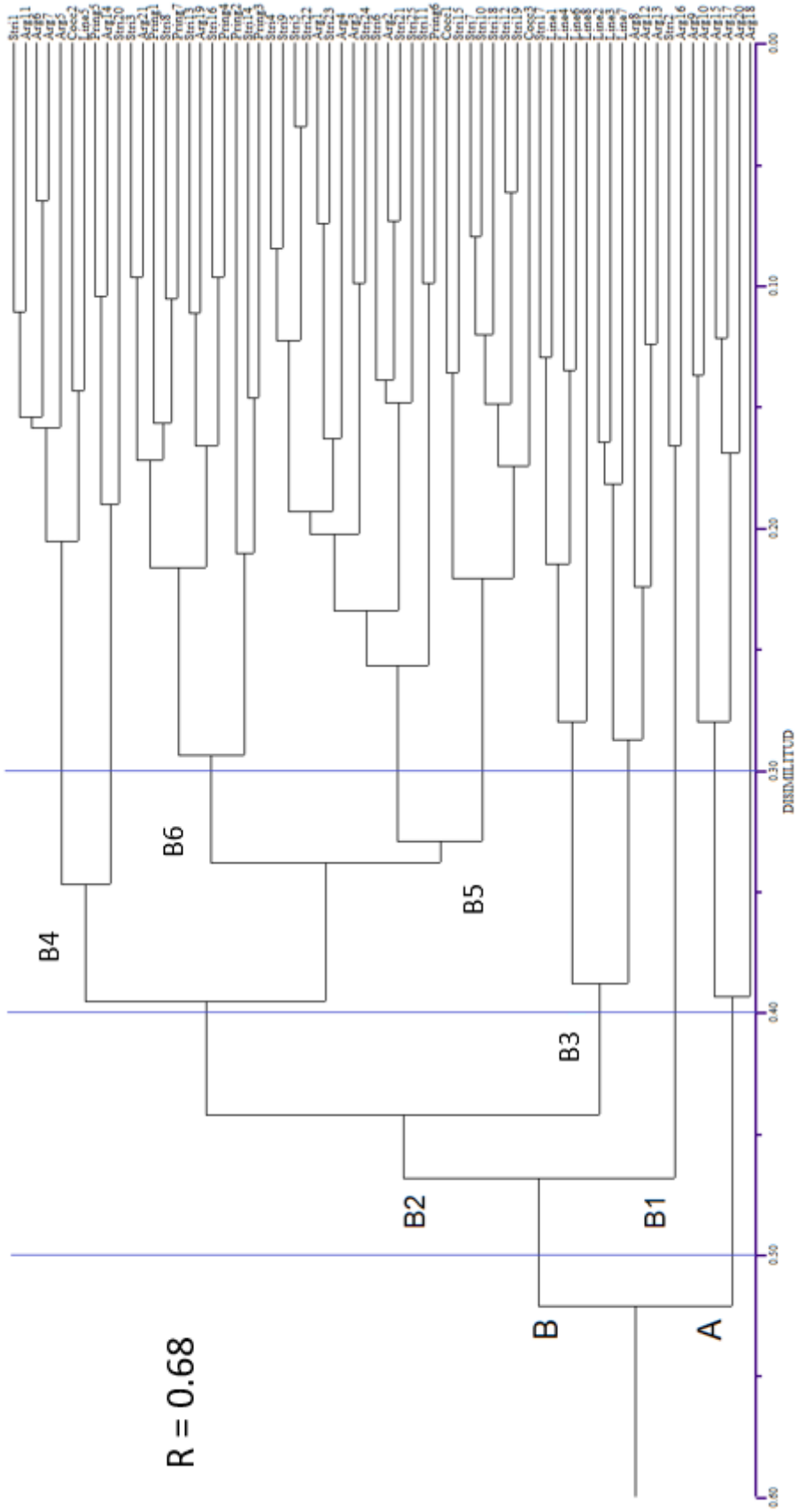


Figura 19. Fenograma obtenido de una matriz de 64 ejemplares de *P. coccineus*, los grupos están definidos por letras. Las subespecies y variedades están abreviadas de la siguiente forma: arg= *argenteus*, cocc= *coccineus*, line= *lineobracteolatus*, stri= *striatus* y pring= *pringlei*.

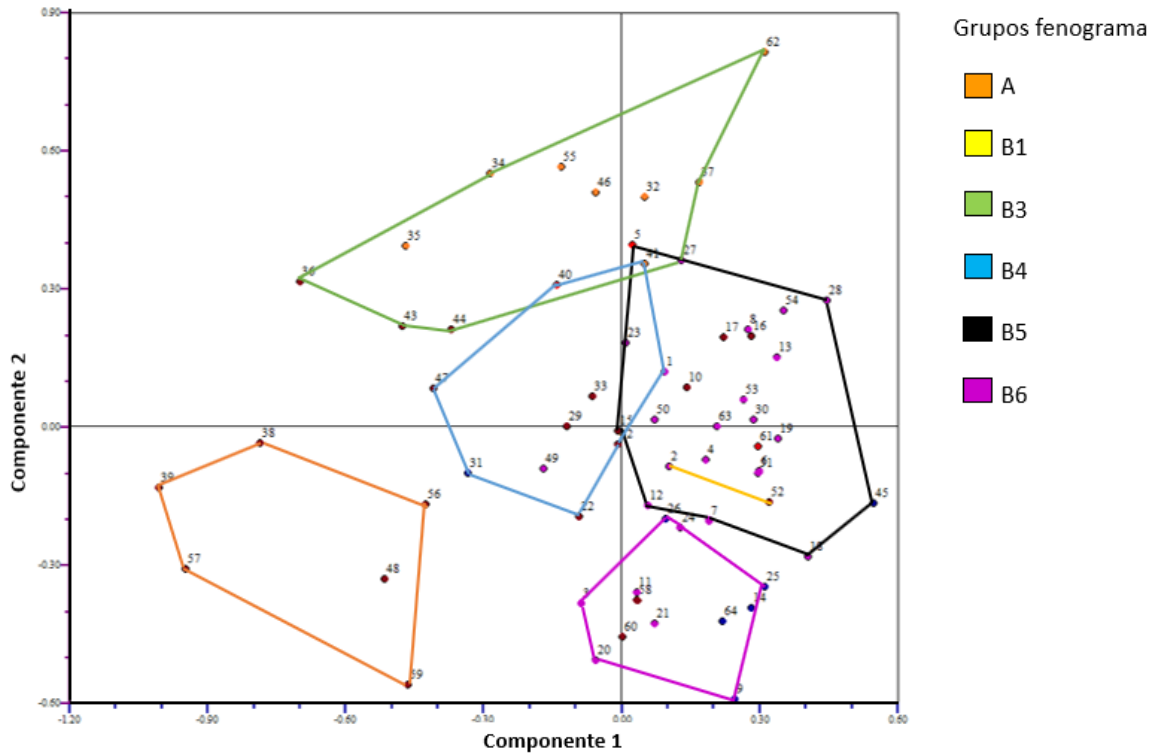


Figura 20. 64 ejemplares de *Phaseolus coccineus* proyectados en los primeros dos componentes, los polígonos se forman según los siete grupos considerados en el fenograma.

8.9 Clave del género *Phaseolus* basada en los caracteres que tuvieron mayor peso en el Análisis de Componentes Principales y caracteres del fruto y el folíolo apical

1. Estípulas largamente triangulares, lámina del folíolo apical lanceolada; bractéolas generalmente caducas; cáliz de más de 8.5 mm de largo; legumbre de 3.5 a 4.7 cm de largo*P. perplexus*

1. Estípulas lanceoladas, ovadas o triangulares; lámina del folíolo apical hastiforme, ovada, triangular o trulada; bractéolas persistentes; cáliz menor que 6 mm de largo; legumbres de 1 a más de 6 cm de largo.

2. Lámina del folíolo apical trulada; brácteas primarias con más de 11 nervaduras, estriadas, vainas maduras lineares, de 7.5 a 13.5 cm de largo.

.....*P. vulgaris*

2. Lámina del folíolo apical hastiforme, ovada, triangular; brácteas primarias generalmente con menos de 11 nervaduras, estriadas, vainas maduras falcadas o romboides, de menos de 7.5 cm de largo.

3. Estípulas generalmente con más de 10 nervaduras estriadas; lámina del folíolo apical oblongo-ovada, rara vez romboide; brácteas primarias con más de 8 nervaduras, estriadas; semilla lenticular

..... *P. leptostachyus*

3. Estípulas usualmente con menos de 10 nervaduras, estriadas; lámina del folíolo apical hastiforme, triangular, trulada, nunca romboide; brácteas primarias generalmente con menos de 8 nervaduras conspicuas; semillas reniformes, esféricas o romboides.

4. Estípulas con menos de 6 nervaduras, estriadas, brácteas primarias, menores de 4 mm de largo, bractéolas blancas o translúcidas, con menos de 5 nervaduras conspicuas; flores lila; legumbres menores de 4.5 cm de largo; semillas esféricas o romboides.

5. Lámina del folíolo apical triangular; brácteas primarias menores de 3 mm de largo; bractéolas

blanquecinas; ovario con 1 ó 2 óvulos; legumbres y semillas de forma redonda-romboide*P. microcarpus*

5. Lámina del folíolo apical trulada o hastiforme; brácteas primarias mayores de 3 mm de largo; bractéolas translúcidas; ovario con 3 a 6 óvulos; legumbres falcadas; semilla esférica.

6. Lámina del folíolo apical trulada; brácteas primarias de 3 mm de largo; bractéolas florales con ninguna o una nervadura estriada; semilla ligeramente esférica, uniformemente negra; se distribuye en Puebla *P. esperanzae*

6. Lámina del folíolo apical hastiforme; brácteas primarias de 3 a 4 mm de largo; bractéolas florales con una o cinco nervaduras estriadas; semilla esférica marrón, con máculas negras *P. oaxacanus*

4. Estípulas con más de 6 nervaduras, estriadas; brácteas primarias generalmente mayores de 4 mm de largo, bractéolas verdes o con máculas moradas, con más de 7 nervaduras conspicuas; flores lilas, rojizas o rosadas; legumbres de más de

6 cm de largo; semillas reniformes
.....*P. coccineus*.

Clave para las variedades o subespecies de *Phaseolus coccineus*

1. Flores rojas, primeras brácteas y bractéolas de tamaño similar, bractéolas generalmente verdes, de 3.5 mm de largo o de 5 a 7 mm de largo
.....*P. coccineus* ssp. *coccineus*

1.1. Bractéolas de hasta 4 mm de largo, usualmente más pequeñas que el cáliz, con 7 a 11 estrías en la lámina... var. *lineatibracteolatus*

1. Flores lilas o rosadas; primeras brácteas generalmente de menor tamaño que las bractéolas, ambas generalmente verdes con mácula(s) moradas; bractéolas de 5 mm a más de 7 o 9 mm de largo.....*P. coccineus* ssp. *striatus*

8.10 Descripciones de las especies del género *Phaseolus* presentes en el área de la Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán

***Phaseolus* L.**, Sp. Pl. 2: 723. 1753.

Hierbas trepadoras, erectas o rastreras, anuales o perennes. **Raíz** carnosa, fusiforme, tuberosa, delgada o fibrosa. **Tallos** rollizos, postrados o ascendentes, escasa a densamente pubescentes, estrigosos o hispídos, adpresos, acompañados de pelos uncinados. **Estípulas** triangulares u ovadas, antrorsas, marcadamente nervadas, foliáceas, ápice obtuso, margen ciliado, láminas con pequeños pelos uncinados o glabras. **Hojas** alternas, trifoliadas; estípulas triangulares, ovadas, oblongas o lanceoladas, verdes, venación prominente; folíolos laterales asimétricos u oblicuos, folíolo apical lanceolado, triangular, trulado, ovado o hastado, base truncada u obtusa, a veces lobulada, ápice mucronado, mucronulado, acuminado o agudo, margen ciliado, membranáceo o foliáceo, a veces el envés plateado o verde oscuro, casi glabras, hispídas o estrigosas, acompañados de pelos uncinados, principalmente en las venas. **Inflorescencias** axilares, pseudoracemosas, raquis densamente cubierto de pelos uncinados; brácteas lanceoladas, ovadas a ampliamente ovadas, ápice agudo o deltoide, verdes, estriadas; pedicelo acrescente en el fruto; bractéolas comúnmente persistentes, lanceoladas, ovadas, ampliamente ovadas u oblongas, margen ciliado, densamente hispídas, estriadas. **Flores** papilionadas, lilas, rosadas, rojas o blancas, cuando secas moradas o amarillentas; cáliz bilobado, campanulado o tubular, con 2 lóbulos superiores diversamente connados, 2 dientes laterales, uno inferior, generalmente desiguales;

corola con estandarte en la porción superior, ligeramente reflexo, ápice emarginado, uña de diversos tamaños; alas (dos pétalos laterales) con lámina amplia, obovada a redonda, a veces cóncava; quilla (dos pétalos fusionados) con espiral terminal, circular de 1 ½ a 3 vueltas; androceo diadelfo, con un estambre vexilar en la parte superior, base globosa adaxialmente, tubo estaminal con 9 estambres, libres en su porción distal; gineceo con ovario de pubescencia sedosa, nectario anular basal, estilo con una brocha estilar distal; estigma introrso o extrorso. **Legumbres** con dos valvas no septadas, lineares, falcadas o romboides, aplanadas o infladas, ápice con un pico recto o curvado, diversamente dehiscentes al madurar, valvas laterales retorcidas, fibrosas, marrones, amarillentas al madurar. **Semillas** 1-20 por fruto, reniformes, romboides, lenticulares a ligeramente esféricas, lisas a rugosas, anillo negro alrededor del hilo, epihilo presente; hilo generalmente céntrico, redondo, pequeño.

Phaseolus coccineus L., Sp. Pl. 2: 724. 1753. TIPO: "Hábitat---" RCN: 5314, LINN No. 899.2 (Lectotipo: LINN!); planta cultivada citada por Westphal, en *Pulses Ethiopia, Taxon. Agric. Signif.*:139.1974.

Planta trepadora o postrada, perenne, 1 a 5 m largo, ramas a menudo colgantes.

Raíz carnosa a leñosa, tuberosa, fusiforme. **Tallos** delgados, rollizos, estriados, 1 a 2 mm de grosor, verdes, a veces con tintes morados, estrigosos, pelos ligeramente adpresos, curvados, retrorsos, blanquecinos o amarillentos, con pelos uncinados

pequeños, entrenudos 2 a 11 cm de largo, de mayor tamaño en individuos cultivados. **Estípulas** foliáceas, antrorsas, triangulares a estrechamente triangulares, 3 a 5 mm de largo, 4 a 9 (-11) nervadas, ligeramente pubescentes. **Hojas** trifoliadas, 3.5 a 22 (-36) cm de largo, pecíolo de 0.5 a 10 (-16) cm de largo, pulvínulos 2 a 4 mm de largo, peciólulos de 0.5 a 2 (-3) cm, folíolos ovados, trulados, hastados o deltados, ápice acuminado o apiculado, base oblicua en los folíolos laterales, obtusa a truncada en el folíolo terminal, éste 2 a 9(-12) cm de largo, 2 a 5.5(-9) cm ancho, membranáceo a ligeramente cártaceo, densamente o ligeramente hispido, con pequeños pelos uncinados, antrorsos en las venas y cercanos al margen, haz verduzco-oscuro, envés con tonalidad verde-clara, grisácea a plateada, venas principales variegadas. **Inflorescencias** pseudoracemosas erectas, 7 a 22.5 cm de largo, pedúnculo 5 a 20 cm de largo, raquis 2 a 12 cm de largo, de mayor longitud en individuos cultivados, 2 a 14 (-19) nodos florales, ligera a densamente pubescentes, pelos uncinados; brácteas primarias 3 a 5.5 (-6.5) mm de largo, 5 a 12 nervadas, verdes, a veces, con mácula(s) morada(s), rara vez totalmente moradas, lanceoladas a casi ovadas, ligera a densamente pubescentes, principalmente en el haz. **Bractéolas** variables, las más pequeñas hasta 3.5 mm de largo, las más grandes 7 a 9 mm de largo, en proporción al cáliz pueden medir 1:1 o 2:1, oblongas u ovadas, 3 a 16 nervadas, estriadas, rara vez lisas, verdes, con una mácula morada hacia el ápice de la lámina o rara vez, totalmente moradas, glabrescente a densamente pubescentes, estrigosas, los pelos rara vez amarillentos a pardos, acompañados de tricomas uncinados pequeños,

persistentes, a veces caedizas después de la antesis. **Flores** lilas, rosadas, rojas rara vez blancas, geminadas; cáliz 3 a 6 mm de largo, compuesto de 2 dientes superiores, más o menos unidos en un diente redondo, ca. 1 mm de largo, 6 mm de ancho, 2 dientes laterales, uno inferior, los laterales 0.5 a 1 mm de largo, 1 a 2.75 mm de ancho, el inferior de 1-1.5 mm de largo, 1.5-2.5 mm de ancho, ápice agudo, glabros o estrigosos, sobre todo en el diente inferior; estandarte prominente, ligeramente redondeado, 14 a 18 mm de largo, 14 a 19 mm de ancho, escasamente reflexo, ápice con escasos pelos blancos o translúcidos; alas 15 a 21.5 mm de largo, algo retraídas, lámina redondeada, 11-16 mm de largo, ca. 10 mm de ancho, cóncavas, uña 4-5.5 mm de largo, 0.5 mm de ancho, aurícula 4 mm de largo; quilla terminando en una espiral que da una vuelta completa; estambre vexilar 12 a 14 mm de largo, sobresaliéndole un apéndice globular basal, 2 mm de diámetro, tubo estaminal 12 a 13 mm de largo, nectario anular ca. 1.5 a 2 mm de ancho; ovario recto, 5.5 a 6.5 mm de largo, moderado a densamente cubierto de pelos estrigosos, 4 a más óvulos; estilo 9 mm de longitud, una espiral apical ca. 2.5 mm de diámetro; estigma capitado o ligeramente plano, extrorso, extendiéndose de forma oblicua. **Legumbres** falcadas, ca. 6 cm de largo, 0.8 a 1 cm de ancho, más pequeñas en los individuos silvestres, de mayor tamaño en los cultivados o escapados de cultivo, valvas fibrosas, inmaduras con pubescencia estrigosa o tomentosa, al madurar dehiscentes, torsionadas. **Semillas** arriñonadas u oblongas, 7 mm de largo, 6 mm de ancho, 3 mm de grosor vista de perfil, pardas, marrones o negras, con motas o

rayas oscuras, fondos pardos, rojos o morados, máculas oscuras, más abundantes cerca del micrópilo; hilo ovalado 1.5 mm de largo.

Descripciones taxonómicas de las subespecies de *Phaseolus coccineus*

Phaseolus coccineus* L. ssp. *coccineus

Flores rojas, en algunos cultivares rara vez blancas; estípulas generalmente 7 nervadas, las brácteas primarias igual de largas que las bractéolas, bractéolas menores que 3.5 mm de largo, generalmente 5 a 7 mm de largo, las de 5 mm de largo, usualmente tienen 3 mm de ancho, generalmente verdes, glabrescentes.

***Phaseolus coccineus* ssp. *striatus* (Brandege) Freytag**

Flores rosadas, lilas o moradas, estípulas generalmente 7 o más nervadas; las brácteas primarias generalmente de menor tamaño que las bractéolas, brácteas primarias y bractéolas generalmente verdes, con una o varias máculas moradas, densamente pubescentes; bractéolas 5 a 9 mm de largo.

Ejemplares examinados. OAXACA: Dto. Coixtlahuaca: 7 km al SO de Suchixtlahuaca, por la terracería rumbo a Tejupan, *O.R. Dorado R. y A. Salinas T. s.n.* (MEXU); 5 km al O sobre el camino Tejupan-Coixtlahuaca, *A. García M. y D. Lorence 1880* (MEXU); km 11 de la carretera Tejupan-Coixtlahuaca, *A. García M. y D. Lorence 1910* (MEXU); Monte Verde, 5 km al S de San Juan Bautista, *A. García M. et al. 2358* (MEXU); 4.25 km al NO de San Fco. Teopan, *G. Ramírez S. 477* (MEXU); Cerro Paraje Ladrón, *A. Salinas T. y E. Martínez-Correa 7892* (MEXU); 7

km al SO de San Cristóbal Suchixtlahuaca, *M. Sousa y S. Purata s.n.* (MEXU); Placas, Cerro Verde al N de Tepelmeme, *P. Tenorio L. et al. 9309* (MEXU); Cerro Verde al NE de Marcos Pérez, *P. Tenorio L. et al. 11636* (MEXU); 7 km al E de Santiago Tejupan, carretera a Coixtlahuaca, *P. Tenorio L. et al. 17073* (MEXU); Las Placas, Cerro Verde, *P. Tenorio L. y L. Kelly 20176* (MEXU). Dto. Cuicatlán: Nacaltepec, 20 millas al N de Telixtlahuaca (San Francisco), *H.S. Gentry 22362* (MEXU); 10.7 km al NE de Nduayaco, *I. Rosas R. et al. 1298* (MEXU); 12.7 km al NE de Nduayaco, *I. Rosas R. et al. 1387* (MEXU); NO de Cuicatlán, 8.5 km delante de San Pedro Jocotipac, por la terracería rumbo a Nduayaco, *A. Salinas T. et al. 4396* (MEXU); Cerro el Veinte, ca. 7 km al S de Tonaltepec, *A. Salinas T. y V. Juárez 7034* (MEXU); A 10 km al NE de Concepción Pápalo, en el camino a Sta. María Pápalo, *M. Sousa et al. 7771* (MEXU); loma de en medio 5 km al SE de San Pedro Nodón brecha a San Pedro Jocotipac, *P. Tenorio L. y E. Martínez 17870* (MEXU). Dto. Huajuapán: Carretera 190, km 129 Huajuapán-Oaxaca, *G.F. Freytag y N. Vakili s.n.* (MEXU); Cañada al O de Membrillos, camino al Arco, *P. Tenorio L. 17441* (MEXU); La Zotolera al E de Guadalupe Membrillos, *P. Tenorio L. et al. 18052* (MEXU); Cerro Carrizal al N de Membrillos, *P. Tenorio L. 19088* (MEXU); Cerro Veinte Ídolos, al SO de Membrillos, *P. Tenorio L. s.n.* (MEXU); Membrillos, *P. Tenorio L. y L. Alvarado 20857* (MEXU); Rincón del Capulín, entre los Cerros Quiote Blanco y la Zotolera al SE de Membrillos, *P. Tenorio L. y L. Kelly 21130* (MEXU); Cerro el Chicamole, al N de Membrillos, *P. Tenorio L. y L. Kelly 21202* (MEXU). Dto. Nochixtlán: *L.M. Cervantes Servín 1603* (MEXU); Falda poniente del Tejocote,

Yucuyuno, *A. Ibarra et al. 009* (MEXU); 24 km al NE de San Miguel Chicahua camino a Cuicatlán, Huautla, *O. Téllez V. et al. 17325* (MEXU); La Herradura, 39 km al SE de Nochixtlán, carr. a Oaxaca, *R. Torres C. et al. 7133* (MEXU). Dto. Teotitlán: Santa María Ixcatlán, *E. Rivera Lozoya 161* (MEXU); Alrededor de Teotitlán del Camino en el camino a Huautla, *C. E. Smith et al. s.n.* (MEXU); 24 km al NE de San Miguel Chicahua camino a Cuicatlán, *O. Téllez V. et al. 17325* (MEXU); 29 km al NE de San Miguel Chicahua camino a Cuicatlán, *O. Téllez V. et al. 17369* (MEXU); El Agua Fría, al NE de Santa María Ixcatlán, *P. Tenorio L. et al. 20526* (MEXU). Dto. Teposcolula: 4 km al SO de Tamazulapan, sobre la brecha a Chilapa de Díaz, *A. García M. y D. Lorence 692* (MEXU); 4 km al N de Yucunama, vereda al Cerro Verde, *A. García M. 1069* (MEXU); entrada a la zona arqueológica Pueblo Viejo, cima del cerro, ca. de la casa del Sr. Carlos López, juego de pelota, *A. García M. et al. 7917* (MEXU); Santa Maria Yosocuno, *F. Gómez Velasco 285* (MEXU); 1.7 millas NO de Tamazulapan a lo largo de la carretera 195 de Huajuapán, 100 yardas, *M. Lavin y S. Sundberg 5178* (MEXU); Cerro El Peñasco al S de Teposcolula, *R. Torres C. y M. L. Torres C. 12346* (MEXU); Cerro Garabatal, NO de San Pedro Nopala, *A. Salinas T. et al. 5571* (MEXU); 4 km al SO de Tamazulapan por la brecha de Chilapa de Diaz, *A. Salinas T. et al. 5990* (MEXU); a NO de Tamazulapan, *M. Sousa et al. 6227* (MEXU); Yonodocuito, a 3 km al E-NE de San Pedro-San Pablo, *M. Sousa et al. 7711* (MEXU); a 4 km al NO de Tamazulapan, *M. Sousa y R. Grether 8233* (MEXU); Santiago Tejupan, *M. Sousa y S. Purata 9758* (MEXU); 2 km al N de Tamazulapan, *O. Téllez y A. S. Magallanes 27* (MEXU); Cerro La Manzanilla, al E

de Yosocuno, *P. Tenorio L. 20274* (MEXU). **PUEBLA:** Mpio. Cañada Morelos: 30 km al SO de Tehuacán, Puebla, por la carr. a Esperanza, *F. Chiang et al. s.n.* (MEXU). Mpio. Caltepec: Cerro El Tambor, al NE de Caltepec, *P. Tenorio L y C. Romero de T. 4699* (MEXU, FEZA); Cerro El Gavilán, al SE de Caltepec, *P. Tenorio L. y C. Romero de T. 6767* (MEXU); Rincón del Gavilán Chico, ladera O del Cerro El Gavilán al NE de San Simón, *P. Tenorio L. y C. Romero de T. 7591* (MEXU); Cerro El Tambor, al NE de Caltepec, *P. Tenorio L. y C. Romero de T. 7638* (MEXU); El Gavilán al SE de Caltepec, *P. Tenorio L. 15345* (MEXU). Mpio. Nicolás Bravo: 10 km al NE de Azumbilla, carr. a Esperanza, *P. Tenorio L. y C. Romero de T. 14152* (MEXU). Mpio. Tecamachalco: Candelaria, *M. Sousa y C. Ramos 4686* (MEXU); Candelaria, *M. Sousa y C. Ramos 4687* (MEXU).

Phaseolus esperanzae Seaton, Proc. Amer. Acad. Arts 28: 118. 1893. TIPO: MEXICO. Puebla, SO del Monte Orizaba, cerca de Esperanza, 8000 pies [2438.4 m], *Seaton 371*, 15 ago 1891 (Holotipo: GH!; isotipos: FI, US).

Planta perenne, 2 a 5 m de largo, erecta. **Raíz** tuberosa, 4 cm de grosor. **Tallo** rollizo, verde, con algunas máculas moradas, esparcidamente estrigoso, pelos retrorsos, blancos, entrenudos 4 a 10 cm de largo. **Estípulas** triangulares u ovadas, 3 a 5 mm de largo, 1 a 2 mm de ancho, 3 a 5 nervadas, foliáceas, ápice obtuso, ciliar, glabras o con escasos pelos uncinados, pequeños, blancos. **Hojas** 5 a 10.5 cm de largo, 3 a 8.2 cm de ancho, pecíolo 1.2 a 3.6 cm de largo, haz verde oscuro, envés ligeramente plateado, ciliares, esparcidamente estrigosas en la cara adaxial,

en la abaxial sólo en las venas; pulvínulo 2 a 3 mm de largo, escasamente hispido, pelos pequeños; folíolo apical trulado a ligeramente ovado, 2.8 a 7 cm de largo, 2 a 4 cm de ancho, a veces con dos lóbulos basales redondos, de 1 a 2 cm, ápice mucronado, base truncada; folíolos laterales asimétricos, ovados, 2 a 4.3 cm de largo, 1.2 a 3 m de ancho, a veces con un lóbulo basal. **Inflorescencias** pseudoracemosas, 7.2 a 10 (-38) cm de largo; pedúnculo 3.6 a 16 (-28) cm de largo; raquis 3.6 a 12 cm de largo, 3 a 10 o más nodos florales, flores geminadas, pelos uncinados laxamente esparcidos; brácteas primarias ovadas, lanceoladas, oblongas, 2 a 5 mm de largo, 1 a 1.5 mm de ancho, ápice con 1 a 3 dientes, presentes o ausentes, 3 a 5 nervaduras, ciliares, pelos hispídos escasos, blancos; brácteas secundarias ovadas, 1 mm de largo, uninervadas; pedicelos 6 a 7 mm de largo, con pelos uncinados. **Bractéolas** pequeñas, ovado-lanceoladas, 1 a 1.5 mm de largo, 0.4 a 0.7 mm de ancho, uninervadas, la nervadura generalmente inconspicua, translúcidas, en ocasiones con algunas máculas moradas, a veces persistentes, margen ciliado, pelos uncinados escasos o densos. **Flores** moradas a lilas; cáliz campanulado, 3 a 5 mm de largo, 2 dientes superiores, 0.5 mm de largo, unidos formando un diente redondo, 2 dientes laterales, uno inferior, triangulares, 0.75 mm de largo, con pelos uncinados escasos, más abundantes en el margen, persistentes; estandarte ampliamente circular, 10 mm de largo, 9 mm de ancho, reflexo en la mitad superior; alas 15 mm de largo, uña 5 a 6 mm de largo; quilla 10 mm de largo, terminando en una espiral con $1 \frac{3}{4}$ vueltas, diámetro 2.5 mm; estambre vexilar ca. 9 mm de largo, con apéndice basal, diámetro 0.5 mm; tubo

estaminal 9 mm de largo, nectario anular 0.75 mm de ancho; ovario de 5 mm de largo, 3 a 6 óvulos; estigma lateral, agudo, introrso. **Legumbres** rectas o ligeramente falcadas, cuando inmaduras estrigosas, tricomas amarillentos, largos, vaina madura 2 a 4 cm de largo, 0.5 a 1.2 cm de ancho, suturas engrosadas, ápice mucronado, recto o curvado, 1 mm de largo. **Semillas** ligeramente esféricas o aplanadas, 6.2 a 8 mm de largo, 6.1 a 7 mm de ancho, 3.7 a 4.2 mm de grosor, negras, brillantes; hilo redondo, 2 mm de largo.

Ejemplares examinados. PUEBLA: Mpio. Chapulco: 5 km al NE de Azumbilla, carr. a Orizaba, *P. Tenorio L. 17498* (MEXU). Mpio. Esperanza: 4 km al E de Esperanza, carretera a Córdoba, *P. Tenorio L. et al. 17126* (MEXU).

Phaseolus leptostachyus Benth., Com. Legum. Gen. 72-73. 1837. TIPO: MEXICO. *Karwinski* s.n., 1827 o 1828 (Holotipo: M!).

Planta perenne, postrada o trepadora. **Raíz** gruesa, parda. **Tallos** muy ramificados pilosos, tricomas largos, amarillentos, entrenudos 5 a 10 cm de largo, más cortos hacia el ápice de los tallos. **Estípulas** oblongas, ovadas u oblongo-ovadas, 4 a 7 mm de longitud, 3 a 4 mm de ancho, rígidas, extendidas rara vez enrolladas longitudinalmente, generalmente con 10-12 nervaduras, margen ciliado con pelos

escasos. **Hojas** 5 a 10.4 cm de largo, 3.7 a 8.9 cm de ancho, pecíolo 2 a 4.5 cm de largo, estrigosas, pelos más densos en la vena primaria de la región abaxial, a glabrescentes tanto en el haz como en el envés, pelos simples 1 mm de largo con pelos uncinados diminutos entremezclados, margen ciliado, a veces el envés verde plateado; pulvínulos 2 a 3 mm de largo con pelos estrigosos, amarillos, pelos uncinados entremezclados, folíolo apical ovado u oblongo-ovado, 2.1 a 6.5 cm de largo, 2 a 5 cm de ancho, ápice redondeado, obtuso o mucronado, base obtusa, redondeada o truncada; folíolos laterales asimétricos, 1.8 a 4.4 cm de largo, 1.6 a 3.7 cm de ancho, estípelas generalmente púrpura-oscuras. **Inflorescencias** erectas, pseudoracemosas, por lo común ligeramente curvadas, 8 a 27.5 cm de largo; pedúnculo 6 a 17.5 cm de largo, estrigoso con pelos uncinados pequeños entremezclados; raquis 2 a 12.5 cm de largo, 2 a 12 nodos florales, pelos uncinados pequeños; flores geminadas, subsésiles; brácteas primarias ovadas a oblongo-lanceoladas, 4 a 8 mm de largo, 2 a 5 mm de ancho, 7 a 13 nervaduras, rara vez bifurcadas, margen con cilios blanquecinos, cuando persistentes a veces son púrpura-oscuras; brácteas secundarias blanquecinas, uninervadas, ligeramente más grandes que la bractéola, margen ciliado; pedicelo 1.75 a 2 mm de largo, ligeramente pubescente, pelos uncinados. **Bractéolas** pequeñas, lanceoladas u ovadas, blanquecinas, 1 mm de largo, 0.25 a 0.5 mm de ancho, sésiles o menores que 0.5 mm, uninervadas, moderadamente estrigosas, pelos uncinados entremezclados, margen ciliado, cilios grandes y pequeños entremezclados, a veces persistentes. **Flores** lilas, rosadas o moradas, cáliz campanulado, 3 a 3.5 mm

de largo, compuesto de 2 dientes superiores unidos en un diente redondo, 0.75 a 1 mm de largo, ca. 4 mm de ancho, morado, 2 dientes laterales, uno inferior, los laterales 1 a 1.3 mm de largo, 1.5 a 2 mm de ancho, el inferior 1.5 a 2.5 mm de largo, 1.3 a 1.5 mm de ancho, escasamente estrigosos; estandarte 6 mm de largo, 7.5 mm de ancho, reflexo, ápice obcordado, aurículas conspicuas, ca. 0.75 mm de largo; alas 10 a 13 mm de largo, 5 a 6 mm de ancho, anchamente obovadas, uña 3 a 3.5 mm de largo, 0.4 mm de ancho; quilla con ápice blanco, con una punta verduzca o amarillenta, espiralado, con casi 2 vueltas; estambre vexilar 10 mm de largo, apéndice basal esférico, diámetro 1 mm, tubo estaminal 6.75 a 7 mm de largo, nectario anular, ca. 0.4 mm de ancho; ovario recto, 3 a 4 mm de largo, 6 óvulos; estilo 6 mm de largo hasta la espiral terminal, ca. 1.75 mm de diámetro; estigma introrso. **Legumbres** 2-2.5 cm de largo, ca. 6 mm de ancho, falcadas, 5 a 6 semillas, valvas dehiscentes, retorcidas, con 1 a 2 vueltas. **Semilla** lenticular, 4 mm de largo, 3 mm de ancho, 1 a 2 mm de grosor, lisa a ligeramente ondulada, marrón, bronceada, parduzca o rojiza, a veces con moteado negro, anillo negro rodeando al hilo; hilo ovado, 0.8 mm de largo, 0.3 mm de ancho.

Ejemplares examinados. OAXACA: Dto. Coixtlahuaca: Mpio. San Miguel Tequixtepec: 8.9 km al NE de Río Poblano, *M. Ayala R. et al. 537* (MEXU). Dto. Cuicatlán: a 15 km al E-NE de San Juan Bautista Cuicatlán, en la carr. a Concepción Pápalo, *M. Sousa et al. 7758* (MEXU). Mpio. San Pedro Jocotipac: 6.2 km al SE de San Pedro Nodón, *I. Rosas R. 1454* (MEXU). Dto. Etla: Mpio. San Francisco Telixtlahuaca: a 2 km al N de las Sedas, carr. Oaxaca. Cuicatlán, *M. Sousa y O.*

Téllez 6113 (MEXU); 14 km al NW de Telixtlahuaca (San Francisco), *O. Téllez 4114* (MEXU). Mpio. San Jerónimo Sosola: 1 km al N de la estación del tren El Parián, *A. Salinas T. et al. 6829* (MEXU); 17 km al NO de San Antonio Telixtlahuaca, *R. Grether y H. Quero 1243* (MEXU). Mpio. San Pablo Huitzo: El Águila a 7 km al W de Telixtlahuaca y la desv. a Tehuacán, *M. Sousa et al. 6001* (MEXU); Mpio. Santiago Tenango: Tlacuache, 2 km al N de la Carbonera, *M. Sousa 9737* (MEXU). Dto. Huajuapán: Ciudad de Huajuapán de León: Rancho Dolores, *Ángela Maribel Cruz Hernández s.n.* (MEXU); Al SE de Huajuapán de León, *M. Sousa et al. 9026* (MEXU). Mpio. Santa Catarina Zapoquila: Río Grande, al E de Zapoquila, *P. Tenorio L. et al. 6788* (MEXU); Cerro Gato al NE de Membrillos, *P. Tenorio L. y D. Frame 12412* (MEXU); Ladera O del Cerro Chicamole, *P. Tenorio L. 20361* (MEXU); Cerro Gato al NE de Membrillos, *P. Tenorio L. 18198* (MEXU); Membrillos, *P. Tenorio L. y L. Alvarado 20800* (MEXU); entre Río Grande y Membrillos, *P. Tenorio L. et al. 20896* (MEXU); Cerro El Grande, al NE de Guadalupe Membrillos, *P. Tenorio L. y L. Kelly 21346* (MEXU). Dto. Nochistlán: a 1 km al N de El Tejocote, o a 3 km al S de La Carbonera, *M. Sousa 8247* (MEXU). Mpio. Santo Domingo Yanhuitlán: Santo Domingo Yanhuitlán, *A. García M. et al. 9788* (MEXU); a 4 km al SE de Llano Verde, *M. Sousa et al. 6243* (MEXU); 3.8 km al SE de Llano Verde, *R. Torres C. et al. 7669* (MEXU); a 2 km al SO de Llano Verde, *R. Torres C. 14384* (MEXU). Dto. Teotitlán: a 14 km al N de Teotitlán del Camino, rumbo a Huautla, *O. Téllez V. 4705* (MEXU). Mpio. San Martín Toxpalán: 14 km al E de Teotitlán, carr. a Huautla, *P. Tenorio L. y D. Frame 12086* (MEXU); 14 km al E de Teotitlán, carr. a Huautla, *P. Tenorio L. y*

D. Frame 12087 (MEXU). Mpio. Santa María Ixcatlán: El Jotillo 8 km al S de Santa María Ixcatlán, *P. Tenorio L. y E. Martínez 17814* (MEXU); Loma El Palmar, brecha entre Tecomavaca y Santa María Ixcatlán, *P. Tenorio L. et al. 20483* (MEXU). Mpio. San Pedro Jocotipac: 7 km al SE de Santa María Ixcatlán, brecha a San Pedro Nodón, *P. Tenorio L. et al. 20580* (MEXU). Mpio. Teotitlán de Flores Magón, a 18 km al E-NE de Teotitlán del camino, carr. a Huautla, en Vigastepec, *M. Sousa y L. Rico 8097* (MEXU). Dto. Teposcolula: Aguas del Cura, a 4 km de San Marcos Monte de León, carr. de terracería rumbo a Chilapa de Díaz, *J.I. Calzada 23572* (MEXU); 10 km al NO de Silacayoapilla rumbo a Cienega-Zahuatlán, *O. Téllez V. 3988* (MEXU). **PUEBLA:** Mpio. Caltepec: El Tecomite, al O de San Simón, *P. Tenorio L. y C. Romero de T. 7547* (MEXU).

Phaseolus microcarpus Mart., Ausw. Merkw. Pfl. 18-19, pl. 12. 1831. TIPO: MEXICO. Michoacán: Tlalpujahua, *Karwinski* s.n., 1827-1828 (lectotipo: BR).

Planta anual, trepadora, extendida sobre arbustos o hierbas, 2 a 5 metros de largo.

Raíz fibrosa, extendida. **Tallos** rollizos, verdes, estriados, ramificación basal abundante, pelos híspidos, translúcidos, dispersos o muy dispersos, pelos uncinados diminutos, tallos jóvenes densamente pubescentes, base 2 a 3 mm de diámetro, entrenudos 7 a 13.5 cm de largo. **Estípulas** ovadas a lanceoladas, 2 a 3.5 mm de largo, 1 a 2 mm de ancho, 4 a 6 nervaduras conspicuas, rígidas, lámina glabra o con pelos uncinados escasos, ápice agudo, margen en su porción distal

ciliado. **Hojas** 3.5 a 13 cm de largo, 2.5 a 13 cm de ancho, verde claro, más plateada en el envés, pecíolo 1 a 4.2 cm de largo ; pulvínulos 2 mm de largo; folíolo apical triangular, a veces con la parte distal más angosta, 2.1 a 7 cm de largo, 1.5 a 6.9 cm de ancho, ápice mucronulado, base truncada, cuneada o redondeada; folíolos laterales desiguales, 1.7 a 6.4 cm de largo, 1.1 a 5.5 cm de ancho, base redondeada o truncada, lóbulos ligeramente cuadrados; pubescencia laxa, pelos uncinados escasos sobre las nervaduras, algunos pelos hispídidos glandulares, presentes en ambas caras de los folíolos.

Inflorescencias pseudoracemosas, erecta, ligeramente curvadas, 5 a 23 cm de largo, pedúnculo 1.5 a 11.5 cm de largo; raquis 2.5 a 11.5 cm de largo, 3 a 12 nudos florales, flores geminadas, pelos uncinados densos; brácteas primarias lanceoladas u ovadas, 2 a 3 mm de largo, ápice agudo, 3 a 5 nervadas conspicuas, margen ciliado en la porción distal , glabras; pedicelo 1.5 a 4 mm de largo, morado, densamente pubescente, pelos uncinados pequeños con algunos pelos estrigosos, entremezclados. **Bractéolas** ovadas a lanceoladas, 1 a 1.5 mm de largo, 0.2 a 0.3 mm de ancho, uninervadas, moradas o blancas; margen ciliado, cilios blanquecinos, persistentes hasta la fructificación. **Flores** rosadas, lilas, rara vez blancas, 8 a 9 mm de largo; cáliz 1.5 a 2 mm de largo, dos dientes superiores, con ápice obtuso, 0.25 a 0.75 mm de largo, 2 dientes laterales, uno inferior, con ápice agudo, similares, 0.75 mm de largo, 1 mm de ancho, algunos pelos estrigosos largos, margen ciliado; estandarte amplio, erecto y después reflexo, 1.75 mm de largo, 3.5 mm de ancho; alas 4 a 7 mm de largo, 2.5

mm de ancho, cóncavas; uña 2 mm de largo; quilla ca. 4 mm de largo, terminando en una espiral de color blanquecina o amarillenta; estambre vexilar 5.5 mm de largo, con nudo basal ca. 0.5 mm de diámetro, ligeramente dilatado; tubo estaminal 4 mm de largo, nectario anular ca. 0.25 mm de ancho; ovario 2.5 mm de largo, 1 a 2 óvulos; estilo 4.25 mm de largo hasta la espiral terminal, ca. 1.25 mm de diámetro; estigma introrso. **Legumbres** redonda-romboide, 1 cm de largo, 0.5 a 0.7 cm de ancho, 2.5 mm de grosor, inmaduras densamente pubescentes, pelos blanquecinos escasos en el centro de las valvas, verdes, al madurar pardas, con pequeñas motas negras, ápice agudo, rara vez redondo, dehiscente. **Semillas** lenticulares, romboide o piramidales, 6.25 mm de largo, 4 mm de ancho, 2 mm de grosor, superficie irregular, con motas negras, fondo bronceado, brillante, halo negro rodeando al hilo; hilo en el ángulo opuesto al lado redondeado, ovado, 0.65 mm de largo, 0.3 mm de ancho.

Ejemplares examinados. OAXACA: Dto. Coixtlahuaca: Concepción Buenavista, km 98 de la carretera Tehuacán-Oaxaca (cuota), aproximadamente 1.2 km al N del Puente Santa Lucía, *J.L. Panero et al. 6796 (MEXU)*. Mpio. Tepelmeme Villa de Morelos: Barranca de Tlacuilosto, al SO de San Juan Atzingo, *P. Tenorio L. y D. Frame 12155 (MEXU)*. Dto. Cuicatlán: Mpio. San Juan Bautista Cuicatlán: a 3.8 km al Sur de San José El Chillar, *J.P. Abascal et al. 141 (MEXU)*; Barranca de las Guacamayas, *J. Calónico S. et al. 23913 (MEXU)*; Barranca de las Guacamayas, *J. Calónico S. et al. 23961 (MEXU)*; Barranca de Agua Amarilla, San José El Chillar, *C.A. Cruz-Espinosa et al. 260 (MEXU)*; San José el Chillar, *R. García y C.A. Cruz-*

Espinosa 165 (MEXU). Dto. Etla: 1-2 km al N de Anona (N de El Parián), *A. Salinas T. y E. Martínez C. 6272* (MEXU). Dto. Huajuapán: Mpio. Santiago Huajolotitlán, Cerro de la Cruz al E de Santiago Huajolotitlán carr. Huajuapán de León-Chazumba, *R. Torres C. y P. Tenorio L. 12802* (MEXU). Dto. Teotitlán: a 9 km al NE de Teotitlán del Camino, sobre la carretera Teotitlán-Huautla, *M. Sousa 8180* (MEXU). San Martín Toxpala: km 9 en carretera 182 de Teotitlán a Huautla, *C. A. Pendry y A. Reyes 980* (MEXU). Mpio. Santa María Ixcatlán: Río Seco al S-SO de Tecomavaca, brecha a Ixcatlán, *A. Salinas T. et al. 6440* (MEXU). Dto. Teposcolula: Desierto a 18 km al SE de Huajuapán de León, *M. Sousa y A. Delgado 6205* (MEXU). **PUEBLA:** Mpio. Caltepec: El Fiscal, Río Hondo, *P. Tenorio L. y C. Romero de T. 7809* (MEXU). Mpio. Tehuacán: 4.2 millas al norte de Tehuacán por la carretera 150 hacia Orizaba, *M. Lavin y S. Sundberg 5195* (MEXU); km 8 carretera 135 Tehuacán-Huautla, *G.F. Freytag y N. Vakilli, 78 -Mex- 38* (MEXU).

Phaseolus oaxacanus Rose, Contr. U. S. Natl Herb. 8 (1): 48, pl. 9. 1903. TIPO: MEXICO. Oaxaca: en la Sierra de San Felipe, altitud 2550 m, *C.G. Pringle 5814a*, 24 agosto 1894 (Holotipo: US; isotipos: MEXU!, MO!, ENCB!).

Planta perenne, 2 a 3 m de largo, postrada o trepadora. **Raíz** tuberosa, 1 cm de grosor, rugosa. **Tallos** rollizos, verdes, pelos adpresos esparcidos, translúcidos, entrenudos 5 a 10 cm de largo. **Estípulas** oblongas, 2.5 a 4.5 mm de largo, 1 a 2 mm de ancho, 5 a 7 nervadas, foliáceas, lámina escasamente pubescente, margen

ciliado, cilios translúcidos. **Hojas** 9 a 12 cm de largo, 6.5 a 7 cm de ancho, pecíolo 4 a 6 cm de largo, haz verde-oscuro, envés ligeramente plateado, margen ciliado, venas de los folíolos escasamente pubescentes, pelos pequeños, a veces glandulares; pulvínulo 2 a 2.5 mm de largo, escasamente pubescente; folíolo apical generalmente hastiforme, lobulado en la base, 4.5 a 5.5 cm de largo, 2.8 a 3.4 cm de ancho, ápice mucronado, base truncada; folíolos laterales, un lóbulo en la base, asimétricos, 3 a 3.5 cm de largo, 2.7 a 3 cm de ancho, más cortos que el folíolo apical. **Inflorescencias** pseudoracemosas, erectas, 8 a 9.5 cm de largo; pedúnculo 5 a 8.5 cm de largo; raquis 1 a 3.2 cm de largo, 1 a 5 nodos florales, flores geminadas, cubierto de pequeños pelos uncinados; brácteas primarias lanceoladas u ovadas, 3.5 a 4 mm de largo, 1 a 2.5 mm de ancho, 1 a 3 dentada en el ápice, 3 a 5 nervadas, con algunos pelos ciliares glandulares en el haz; brácteas secundarias menores que 1 mm de largo, uninervadas; pedicelos 6 a 8 mm de largo, cubiertos de pelos uncinados pequeños. **Bractéolas** muy pequeñas, ovadas, 0.25 a 1 mm de largo, ca. 0.2 a 0.5 mm de ancho, translúcidas, ciliares, a veces persistentes. **Flores** lilas; cáliz campanulado, alargado, 4 a 5 mm de largo, con 2 dientes superiores, unidos en un diente redondo asimétrico, 1 mm de largo, 2.75 mm de ancho, 2 dientes laterales, un diente inferior, los laterales 1 mm de largo, 1.5 mm de ancho, el inferior de 1.25 mm de largo, 2 mm de ancho, con glándulas diminutas, margen ciliado, persistentes; estandarte casi circular, 9 mm de largo, 9.5 mm de ancho, reflexo en la mitad distal, aurículas pronunciadas; alas ligeramente oblongas, 8 mm de largo, 5 mm de ancho; uña 4.5 mm de largo, 0.5 a 0.7 mm de

ancho; quilla de hasta 13.5 mm de largo, terminando en una espiral con 1 a 2 $\frac{3}{4}$ vueltas, 2 mm de diámetro; estambre vexilar 10 mm de largo, con un apéndice basal esférico, diámetro 0.75 mm; tubo estaminal 10.5 mm de largo, filamentos 6 a 7 mm de largo, nectario anular 1.25 mm de ancho; ovario 5 mm de largo, moderadamente pubescente, con 3 a 4 óvulos; estilo 8 mm de largo; estigma introrso. **Legumbres** falcadas, 4 cm de largo, ca. 1 cm de ancho, cuando es inmadura estrigosa con pelos uncinados pequeños, valvas maduras amarillentas, glabrescentes, cáliz persistente en el fruto; ápice agudo, 2 mm de largo; dehiscente por retorcimiento de las valvas, las cuales tienen un color bronceado claro cuando se secan. **Semillas** lenticulares, 6.4 mm de largo, 6.3 mm de ancho, 2.5 mm de grosor; marrones, con un moteado negro; hilo redondo, 1 mm de largo, rodeado de un halo negro, brillante.

Ejemplares examinados. OAXACA: Dto. Huajuapán: Mpio. Santa Catarina Zapouila: Cerro Veinte Ídolos, al SO de Membrillos, *P. Tenorio L. 19126* (MEXU). Dto. Nochixtlán: Mpio. San Miguel Huautla: El Boquerón, al S de San Miguel Huautla, *A. Salinas T. y E. Martínez C. 6293* (MEXU).

Phaseolus perplexus A. Delgado, *Syst. Bot.* 25 (3): 418–421, f. 3, 9. 2000. TIPO: MEXICO. Jalisco: Municipio Talpa de Allende, a 24 km al sur de Talpa, camino a La Cuesta, *J.A.S. Magallanes 1965*, 8 septiembre 1979 (Holotipo: MEXU!; isotipos: MO!, WIS!).

Planta perenne, 1 a 2 m de largo, trepadora o postrada. **Raíz** tuberosa, 1 a 3 cm de diámetro. **Tallos** verdes, laxa o densamente cubiertos de pelos uncinados,

translúcidos o amarillentos, pelos adpresos escasos, entrenudos 7 a 12 cm de largo.

Estípulas largamente triangulares a ovadas, 4.5 a 7.8 mm de largo, 2.2 a 5 mm de ancho, (5-) 7 a 12 nervaduras, membranáceas, glabras o ligeramente pubescentes en la lámina, margen ciliado los cilios entremezclados con pelos híspidos y uncinados translúcidos. **Hojas** 6.5 a 11 cm de largo, 4 a 9 cm de ancho, pecíolo 2 a 5 cm de largo, haz verde-oscuro, envés ligeramente plateado o verde claro, glabra o ligeramente pubescente en el haz, margen ciliado, envés con pelos uncinados principalmente sobre las venas; pulvínulos 1.5 a 2 mm de largo, glabros; folíolo apical lanceolado, a veces lobulado, 4 a 6.5 cm de largo, 1 a 2.5 cm de ancho, ápice acuminado o mucronado, base truncada, obtusa o cuneada; folíolos laterales a veces con un lóbulo, 3 a 5 cm de largo, 1 a 2.5 cm de ancho, más amplios y cortos que el folíolo apical. **Inflorescencias** pseudoracemosas, ligeramente erectas, 12 a 20 cm de largo; pedúnculo 8.7 a 12 cm de largo; raquis (0.2-) 4 a 10 cm de largo, con (1-) 3 a 7 nodos florales, flores geminadas, pelos uncinados pequeños, densos, amarillentos o blanquecinos; brácteas primarias lanceoladas a ampliamente ovadas, 3 a 6 mm de largo, 2.2 a 4 mm de ancho, 5 (-11) nervaduras, margen ciliado. lámina escasamente pilosa; brácteas secundarias lanceoladas, 1.5 a 3 mm de largo, 0.2 a 0.5 mm de ancho, caducas; pedicelos 1.75 a 4 mm de largo, densamente cubiertos de pelos uncinados. **Bractéolas** lineares, 0.7 a 3 mm de largo, 0.2 a 0.5 mm de ancho, verdes, uninervadas, glabrescentes, rara vez persistentes en el fruto. **Flores** lilas o rosadas, al secarse moradas; cáliz campanulado, 8.5 a 9 mm de largo, los 2 dientes superiores unidos para formar un

diente redondo (3-) 4.5 a 5.5 mm de largo, (2-) 2.5 a 3.7 mm de ancho, los 2 dientes laterales 4 a 6 mm de largo, 1.7 a 2.5 mm de ancho, diente inferior 3.5 a 6 mm de largo, 1.5 a 2 mm de ancho, cubiertos ligeramente de pequeños pelos uncinados o hispídos, rara vez glabros; estandarte oblongo-ovado, más oscuro que las alas, ca. 1 cm de largo, 0.8 a 1.2 mm de ancho, reflexo en la porción distal; alas ca. 1.5 (-2) cm de largo, 6 a 7 mm de ancho, más estrechas en la base; uña 4.5 a 5.5 mm de largo; quilla terminando en una espiral con $2\frac{3}{4}$ a 3 vueltas, diámetro ca. de 2.5 cm; estambre vexilar 1.5 a 1.6 cm de largo, apéndice basal esférico; tubo estaminal ca. 2 cm de largo, nectario anular menor que 1 mm de ancho; ovario 5.5 a 6 mm de largo, densamente estrigoso, margen en su porción distal hirtulo, 10 a 12 óvulos; estilo distalmente más amplio, barbado; estigma introrso. **Legumbres** ligeramente falcadas, 3.5 a 4.7 cm de largo, 0.3 a 0.5 cm de ancho, valvas estrigosas, inmaduras de color verde, 8 a 10 semillas, elásticamente dehiscente. **Semillas** ampliamente ovadas a ovada-deprimidas, 2.5 a 3 mm de largo, 2 mm de ancho, 2 mm de grosor; testa gruesa, superficie suave, marrón claro, con moteado negro; hilo oblongo a ovado, 3 mm de largo.

Ejemplares examinados. OAXACA: Dto. Nochixtlán: Mpio. Santo Domingo Yanhuitlán: Cieneguilla, falda este del Yucuyuno, *A. Ibarra et al. 308* (MEXU). Dto. Teposcolula: Mpio. San Pedro Nopala: Faldas del Cerro Garabatal, 7 km al N de San Pedro Nopala, camino a Yosocuno, *A. García M. et al. 6684* (MEXU). **PUEBLA:** Mpio. Tehuacán: Valle de Tehuacán, *Díaz Guzmán et al. s.n.* (MEXU).

Phaseolus vulgaris L., Sp. Pl. 2: 723. 1753. TIPO: "Hábitat in India." RCN: 5314, No.899.1 (Lectotipo: LINN!); citado por Verdcourt in Milne-Redhead y Polhill, *Fl. Trop. E. Africa, Leguminosae* 4:614. 1971 (Jarvis. 2007).

Planta trepadora o postrada. **Raíz** tuberosa ramificada desde la base del tallo. **Tallos** rollizos, verdes o morados, 1 a 6 m de largo, los basales 2 a 3 cm de grosor, a veces lignificados, los jóvenes 2 a 3 mm de diámetro, muy ramificados en la porción distal, pubescentes, pelos uncinados, blanquecinos o translúcidos, escasos pelos rígidos entremezclados, amarillentos, entrenudos 5 a 15 cm de largo, más largos distalmente. **Estípulas** triangulares o lanceoladas, 3 a 4.5 mm de largo, 1 a 2 mm de ancho, 7 a 12 nervaduras conspicuas, escasamente reflexas, membranáceas, glabras, distalmente con pocos cilios. **Hojas** 8 a 22 cm de largo, 7 a 18 cm de ancho, pecíolo 4 a 9 cm de largo, haz verde-oscuro, envés ligeramente plateado; ligera a densamente hispida, los pelos uncinados, principalmente sobre las venas del envés; pulvínulos 2 a 3 mm de largo, glabros; folíolo apical trilobado a ovado, 5 a 13.5 cm de largo, 3 a 8 cm de ancho, ápice mucronado o acuminado base truncada, redondeada u obtusa; folíolos laterales 4.5 a 9 cm de largo, 2 a 7 cm de ancho, ambos asimétricos; estípulas a veces con tonalidad morada en la lámina. **Inflorescencias** pseudoracemosas, ligeramente erectas, 3.5 a 20 cm de largo, flores más numerosas en los individuos cultivados; pedúnculo 2.5 a 6.5 cm de largo; raquis 1 a 13.5 cm de largo, 3 a 5 (-10) nodos

florales, flores geminadas, pelos uncinados, pequeños, densos; brácteas primarias ovadas a anchamente ovadas, 3 a 5 mm de largo, 3 a 3.5 mm de ancho, 9 a 14 nervadas conspicuas, lámina a veces con máculas moradas, glabras a ligeramente pubescentes, ápice escasamente ciliado; pedicelo 5 a 7 mm de largo. **Bractéolas** ovadas a anchamente ovadas, 4 a 7 mm de largo, 3 a 6 mm de ancho, 7 a 14 nervadas, nervaduras conspicuas, glabrescentes a hispídas, ápice ciliado, persistentes. **Flores** blancas, lilas o moradas; cáliz bilabiado, 3 a 4 mm de largo, los 2 dientes superiores unidos, emarginados, 0.75 mm de largo, 4.5 mm de ancho, los 2 dientes laterales y el inferior similares, 0.75 mm de largo, 1.5 mm de ancho, cubiertos de pelos uncinados pequeños, algunos pelos rígidos en el ápice del diente inferior; estandarte verdoso en el envés, 10 mm de largo y de ancho, reflexo desde la mitad, porción terminal erecta; alas 10 a 19 mm de largo, 8 mm de ancho; uña 5.7 mm de largo, 0.5 mm de ancho; quilla terminando en una espiral con 1 ½ a 2 vueltas, 2 a 3 mm de diámetro, ápice blanco o verduzco; estambre vexilar 10 a 12 mm de largo, base apendiculada, esférica, diámetro 1.25 mm; tubo estaminal 10.5 mm de largo, nectario anular 1 mm de ancho; ovario 6.5 mm de largo, glabro, pelos uncinados en el ápice escasos, 4 a 8 óvulos, rara vez 10; estilo 6.5 mm de largo, la espiral terminal 2 mm de diámetro; estigma 1 mm de largo, introrso en algunos individuos silvestres, tiende a alargarse y extenderse alrededor del ápice del estilo por ca. 0.5 mm, ciliado. **Legumbres** lineares a ligeramente curvadas, cuando inmaduras 7 cm de largo, 0.5 cm de ancho, verde, maduras 7.5 a 13.5 cm de largo, 1 cm de ancho, amarillentas o blanquecinas, con máculas moradas, secas son

bronceadas o blanquecinas, 4 a 8 semillas, comprimidas, ápice curvo, 3 a 6 mm de largo, dehiscentes, valvas glabras. **Semillas** pequeñas en individuos silvestres, usualmente reniformes a esféricas, 6 mm de largo, 4.6 mm de ancho, 2.8 mm de grosor (más grandes en plantas cultivadas), a veces con los lados aplanados, testa con motas negras en un fondo marrón, o completamente bronceada, amarilla, marrón, negra o blanquecina, rara vez roja; hilo 1.25 mm de largo, 0.8 mm de ancho, con halo negro, ovado.

Ejemplares examinados. OAXACA. Dto. Huajuapán: entre Huajuapán y Tehuacán, 23.5 km N en carretera 190 y en carretera 125 del km 97 para Tehuacán, *B. Bartholomew 3033* (MEXU); Dotiyado, a 0.25 km al NO de Santo Domingo Yodohino, *J. López M. 294* (MEXU); a 4 km al E de Huajuapán de León, *M. Sousa et al. 9379* (MEXU). Dto. Nochixtlán: a 15 km al S de Nochixtlán, *M. Sousa et al. 6241* (MEXU). Mpio. San Pedro Coxcaltepec Cántaros: Mojonera I. Allende a 3.9 km (109°N) de San Pedro Coxcaltepec, *K. Velasco G. et al. 5462* (MEXU). Dto. Teotitlán: Poblado de Santa María Ixcatlán, *E. Rivera L. 139* (MEXU). Dto. Teposcolula: Mpio. San Juan Teposcolula: Río Teposcolula, km 1 camino a San Vicente Nuño base del cerro de Pueblo Viejo, *A. García M. et al. 7885* (MEXU). **PUEBLA:** Mpio. Tecamachalco: Candelaria, *M. Sousa y C. Ramos 4781* (MEXU). Mpio. Zapotitlán: a 6 km al S-SO de Acatepec, o sea a 22 km al S-SO de Zapotitlán, *M. Sousa et al. 6183* (MEXU).

IX. DISCUSIÓN

9.1 Análisis de resultados de las especies de *Phaseolus* de la Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán

De las 95 especies que se distribuyen en el continente americano (Freytag y Debouck, 2002; López *et al.*, 2005), siete se localizan en el polígono de la Flora del V T-C. *Phaseolus* se reparte en todos los distritos de Oaxaca incluidos en el polígono, sobre todo en Huajuapán, Nochixtlán y Teposcolula, mientras que en Puebla hay pocos registros de este género, principalmente en los municipios de Caltepec, Tecamachalco y Tehuacán. *Phaseolus coccineus* tiene la distribución más amplia dentro del polígono, además del mayor número de ejemplares estudiados, seguido de *P. leptostachyus*, y estas especies por su distribución amplia se establecen y desarrollan en diversos ambientes (López *et al.*, 2005).

Por otro lado, *Phaseolus esperanzae* y *P. oaxacanus* tienen distribución más limitada y el menor número de registros. *P. esperanzae* sólo se encuentra al norte del polígono en los municipios de Chapulco y Esperanza, Puebla, en el último municipio se localiza la localidad tipo (Seaton, 1893). *P. oaxacanus* se registró en los distritos de Huajuapán y Nochixtlán, Oaxaca. Los pocos registros y la limitada distribución de estas dos especies pueden deberse a que están adaptadas a climas templados con temperaturas de 5 a 18 °C (López *et al.*, 2005) y es difícil que se distribuyan en zonas semiáridas donde la temperatura promedio es de 21 °C (Medina *et al.*, 1998; Dávila *et al.*, 2002), además, se necesitan hacer más colectas en ambientes con mayor humedad de la zona.

Las especies del género *Phaseolus* florecen desde la segunda quincena de julio hasta principios de diciembre, sin embargo, este fenómeno reproductivo ocurre principalmente en septiembre. Sólo un ejemplar de *P. coccineus* registró floración en mayo, pero probablemente podría ser un individuo escapado de cultivo. El periodo de floración con mayor duración se presentó en *Phaseolus coccineus* y *P. leptostachyus*, desde julio a diciembre. Meza-Vázquez *et al.* (2015) indicaron que la floración y fructificación en ambas especies dura de 80 a 85 días. Los dos registros de *P. esperanzae* indican que florece en septiembre, pero es necesario realizar una exploración botánica exhaustiva.

La distribución altitudinal de *Phaseolus* es muy amplia, va desde los 950 hasta los 2850 m, debido a la agreste orografía de la región (Dávila *et al.*, 2002; Rzedowski, 2006). Las especies con mayor intervalo altitudinal son *P. coccineus* y *P. microcarpus* que también señaló López *et al.* (2005). Aunque, *P. microcarpus* no suele superar los 1900 m y en promedio habita en altitudes de 1400 m.

Las especies de *Phaseolus* se distribuyen principalmente en climas templados y en bosques de encino, aunque también suelen desarrollarse en climas tropicales, al nivel del mar (Delgado y Gama, 2015; López *et al.*, 2005), y también en matorrales xerófilos. *P. microcarpus* habita en las selvas bajas caducifolias, cerca de ríos, en el trabajo de López *et al.* (2005) mencionan que es una especie que suele estar en climas cálidos (22 a 26 °C).

9.2 Análisis de resultados de la salida al campo

La visita al V T-C se realizó en uno de los meses idóneos para coleccionar material fértil, las especies que se intentaron coleccionar fueron *Phaseolus coccineus* y *P. oaxacanus*, para poder aumentar el número de ejemplares empleados en el análisis de esas especies. De las cuatro colectas, sólo se consiguieron dos ejemplares de *P. coccineus*, ya que al ir a las dos localidades registradas para *P. oaxacanus*, la primera era inaccesible y peligrosa, por lo que se descartó, y en la segunda no se localizaron ejemplares de esta especie, aunque se coleccionó un ejemplar de *P. leptostachyus* que sirvió para registrar el color de la flor, siendo de un rosado intenso.

El intervalo de altitud explorado para la colecta de ejemplares no fue muy amplio, de los 2022 a los 2125 m, sin embargo, es en el que se distribuyen todas las especies excepto *Phaseolus microcarpus*, especie que sólo llega hasta los 1900 m.

9.3 Análisis de Componentes Principales

Los valores obtenidos en este estudio, de la variación acumulada en los tres primeros componentes fueron de $\approx 56\%$, debido a que el grupo tiene una gran diversidad morfológica. Sin embargo, de acuerdo con este análisis los caracteres útiles en la delimitación de las especies de *Phaseolus* son: la forma y el número de nervaduras de las estípulas, el largo de la inflorescencia, largo y número de las

nervaduras de las brácteas primarias, número de las nervaduras y color de las bractéolas; además, del color de las flores.

El largo de la inflorescencia es muy variable, *Phaseolus coccineus* registró la mayor variación, seguida de *P. leptostachyus*. El mayor número de nervaduras conspicuas de las brácteas primarias se presenta en *P. vulgaris*, seguida de *P. coccineus*, mientras que, *P. microcarpus*, *P. oaxacanus* y *P. esperanzae* tienen menos nervaduras.

Los ejemplares de *Phaseolus leptostachyus*, *P. microcarpus*, *P. esperanzae* y *P. oaxacanus*, tienen nervaduras inconspicuas en la lámina de la bractéola, mientras que, *P. vulgaris* y *P. coccineus* presentan más de siete nervaduras prominentes, en el caso de *P. perplexus* no se registró este atributo en sus ejemplares.

Las bractéolas pueden ser blanquecinas en *P. leptostachyus* y *P. microcarpus* y translúcida en *P. esperanzae* y *P. oaxacanus*. Las flores son lilas en la mayoría de las especies, aunque también en *P. perplexus*, *P. vulgaris* y *P. coccineus* son rosadas, blancas en *P. vulgaris* y predominantemente rojas en *P. coccineus*.

El ACP muestra que *Phaseolus* es muy variable morfológicamente, aunque se pueden distinguir tres grupos. El primero corresponde a *P. leptostachyus*, especie con estípulas largamente triangulares y foliolos apicales lanceolados, que incluye un ejemplar de *P. vulgaris*, esto pudo deberse a la variabilidad que presenta

esta última especie, debido a que muchos individuos escapan de cultivo. El segundo agrupa a la mayoría de los especímenes de *P. microcarpus*, aunque se incluyen dos ejemplares de *P. esperanzae* y otros dos de *P. oaxacanus*. De acuerdo con este análisis la delimitación de estas tres especies no fue posible, es necesario analizar otras evidencias, entre ellas, las relacionadas con el fruto y las semillas, que fueron excluidas debido a que la mayoría de los ejemplares carecían de estas estructuras. *P. microcarpus* también tiene una similitud morfológica con *P. coccineus*.

El tercer grupo lo constituyen principalmente ejemplares de *P. coccineus*, que se mezclan con *P. perplexus* y *P. vulgaris*. *P. coccineus* es un grupo con distribución geográfica amplia, por lo tanto, muy variable morfológicamente. Los ejemplares de *P. perplexus* quizá no se separan de *P. coccineus* y *P. vulgaris*, porque comparten varias características, además, uno de los atributos útiles para su disgregación son las bractéolas, y éstas no estaban presentes en los ejemplares de *P. perplexus*, aunque el protólogo de esta especie indica que son uninervadas y menores que 3 mm de largo (Delgado, 2000), atributos diferentes en las otras dos especies.

Los individuos de *Phaseolus vulgaris* también muestran una gran variabilidad morfológica, debido al proceso de domesticación que han experimentado a través del tiempo (Broughton *et al.*, 2003; Kwak, Kami y Gepts, 2009; Guerra-García *et al.*, 2017), donde se han modificado sus caracteres en función del propósito perseguido.

9.4 Análisis de agrupamiento de las OTU's del *Phaseolus*

Los ejemplares analizados forman un solo grupo, de éste se separa el ejemplar 57 (*Phaseolus coccineus*), tal vez por presentar brácteas primarias más largas. Los ejemplares restantes forman un subgrupo de donde se disgregan los correspondientes a *P. perplexus* que tienen estípulas largamente triangulares y ampliamente ovadas, folíolos apicales lanceolados y cáliz de mayor tamaño. Enseguida, a una distancia morfológica aproximada de 1.60 se separan ejemplares determinados como *P. vulgaris*, pero un ejemplar se mezcla con OTU's de *P. coccineus*, debido a que en la etiqueta de herbario se indica que tiene flores rojas. *Phaseolus leptostachyus* con más de diez nervaduras conspicuas en las estípulas, se separa de los otros ejemplares a 1.52 de distancia. El siguiente conjunto contiene OTU's correspondientes a *P. microcarpus*, *P. oaxacanus*, *P. esperanzae* y *P. coccineus*. Los ejemplares de las tres primeras especies forman un subconjunto, donde *P. oaxacanus* y *P. esperanzae* son muy similares morfológicamente, pues comparten aproximadamente el 80% de sus atributos, aunque la primera especie tiene distribución limitada al norte de Oaxaca, mientras que la segunda se reparte desde Puebla, Estado de México, Hidalgo, Michoacán y San Luis Potosí. En las descripciones de Freytag y Debouck (2002), mencionan que en *P. esperanzae* las brácteas primarias tienen a veces ápice dividido en 1-3 dientes y en *P. oaxacanus* estas brácteas están más o menos 3-dentadas y después profundamente divididas, esta característica se traslapa entre las dos especies, por lo tanto, se propone que se separarían mejor con base en el color de la semilla, ya que en *P. esperanzae*

son de color negro uniforme y en *P. oaxacanus* son marrones y moteadas de negro como en la mayoría de las otras especies. Los especímenes de *P. coccineus* se separan de los anteriores a una distancia de 1.38, además como ya se indicó se incluye un espécimen de *P. vulgaris*, que en la etiqueta se registró con flores rojas, característica de *P. coccineus*.

9.5 Análisis de Componentes Principales de *Phaseolus coccineus*

En los tres primeros componentes el porcentaje de variación es muy bajo comparado con otro trabajo donde se incluye esta especie (Meza-Vázquez *et al.*, 2015). En general el ACP no fue útil para separar las variedades de *Phaseolus coccineus*, debido a que los estados de carácter utilizados se traslapan entre las variedades. Los especímenes de *P. coccineus* var. *lineatibracteolatus* tal vez se agrupan por sus bractéolas de menor tamaño, mayor número de nervaduras conspicuas, bractéolas iguales o de menor tamaño que el cáliz y flores rojas.

Phaseolus coccineus según Freytag (Freytag y Debouck, 2002) es la especie más complicada taxonómicamente, este autor reconoce dos subespecies *P. coccineus* ssp. *coccineus* y *P. coccineus* ssp. *striatus*. La primera la divide en 11 variedades y la segunda en seis, con base en atributos de las brácteas primarias, bractéolas y el color de las flores, éstos fueron considerados en este estudio y no en el análisis del género, y se observa que no son caracteres útiles para separar la mayoría de las variedades propuestas por este autor presentes en el V T-C. Por otro lado, de este análisis se deduce que las estípulas, el color de las flores, tamaño de

las hojas y de las inflorescencias, registraron valores altos de variación, por lo tanto, deben ser considerados y combinados con otros atributos, por ejemplo, moleculares (Guerra-García *et al.*, 2017).

9.6 Análisis de agrupamiento de *Phaseolus coccineus*

En el fenograma se observa que se forma un grupo con la mayoría de los especímenes entremezclados, esto indica que entre las OTU's hay una gran variación morfológica. La mayoría de los ejemplares que se agrupan son los correspondientes a *Phaseolus coccineus* ssp. *coccineus* var. *lineatibracteolatus*, todos ellos se distinguen por presentar flores rojas, bractéolas de menor tamaño y venas conspicuas numerosas. Además, se encuentran en altitudes de 1900 a 2250 m. Búrquez y Sarukhán (1980) mencionan que los individuos de *P. coccineus* con flores rojas son polinizadas por abejorros del género *Bombus*. Freytag y Debouck (2002) registran a esta variedad en Durango, Hidalgo, San Luis Potosí (ejemplar tipo) y Tamaulipas, en altitudes menores a 2200 m, su presencia en el V T-C es un nuevo registro para esta zona. El ejemplar var. *lineatibracteolatus* (5) que se localizó en el grupo B4, comparte su localidad con otros tres ejemplares de ese grupo (Caltepec, Puebla), además, también son del mismo colector *P. Tenorio L.*

Los especímenes de *Phaseolus coccineus* ssp. *coccineus* var. *argenteus* del grupo A, se separan de los otros ejemplares de esta variedad debido a que tienen las hojas y las inflorescencias de mayor tamaño. Ante esta gran variación, la propuesta de Freytag (Freytag y Debouck, 2002) no es congruente con los

resultados obtenidos en este estudio. Por lo tanto, se propone reconocer únicamente a *P. coccineus* considerando las subespecies y la var. *lineatibracteolatus*.

Búrquez y Sarukhán (1980) mencionan que a altitudes mayores (2500-3000 m), es donde se establecen poblaciones de *Phaseolus coccineus* que se caracterizan por presentar flores diferentes al rojo, como lilas, moradas y rosadas, debido a su interacción con diferentes polinizadores melitófilos u ornitófilos, en este contexto los colibríes se desplazan a mayores alturas que los abejorros (Hymenoptera: *Bombus*), que producen un mayor flujo genético en *P. coccineus* en función de los gradientes altitudinales, como ocurre en el Eje Volcánico Transmexicano (2200 a 2850 m).

En el trabajo de Guerra-García *et al.* (2017) indican que al estudiar datos moleculares de poblaciones de *Phaseolus coccineus*, establecieron que no detectaron diferencias en la diversidad genética de individuos silvestres y domesticados, además, de que un grupo silvestre de *P. coccineus* ssp. *striatus* parece aislarse genéticamente de *P. coccineus* ssp. *coccineus* a pesar de distribuirse cercanamente las poblaciones de estas subespecies.

9.7 Análisis de las claves taxonómicas y las descripciones

Para facilitar la determinación taxonómica de las especies, en estas claves se consideraron tanto características vegetativas como reproductivas. Además, se complementaron con otros caracteres contenidos en otras descripciones, entre

ellos, atributos del fruto y las semillas. Las descripciones y el nombre de las estructuras se basaron principalmente en las obras de Radford *et al.* (1974), Moreno (1984) y Delgado-Salinas (2000), y se complementaron con la revisión taxonómica de Freytag y Debouck (2002).

En la descripción de *Phaseolus microcarpus* realizada en este estudio, se menciona que tiene flores blancas, este dato también se registra en la descripción original y en Meza-Vázquez *et al.* (2015), pero no en el tratamiento taxonómico de Freytag y Debouck (2002).

Phaseolus coccineus y *P. leptostachyus* fueron las especies más complicadas de describir. En *P. coccineus* se presenta una gran variabilidad morfológica ya indicada en otros estudios (Escalante *et al.*, 1994; Freytag y Debouck, 2002; Guerra-García *et al.*, 2017). En *P. leptostachyus* se revisaron minuciosamente los ejemplares, para asegurarse que no se incluyera alguna de las variedades propuestas por Freytag y Debouck (2002). Las variedades reconocidas por estos autores se basan principalmente en la forma y presencia de los lóbulos basales en los folíolos, además, hay una variedad que se diferencia por tener hojas compuestas de cinco folíolos (Freytag y Debouck, 2002). En los ejemplares correspondientes a la Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán no se observaron estas características, por lo tanto, únicamente se reconoció a *P. leptostachyus*. En este estudio se considera que *Phaseolus coccineus*, contiene tres taxones infraespecíficos

Phaseolus coccineus ssp. *coccineus*, *Phaseolus coccineus* var. *lineatibracteolatus* y *Phaseolus coccineus* ssp. *striatus*.

X. CONCLUSIONES

El género *Phaseolus* es un grupo muy diverso, además, es monofilético (Debouck 1999; Delgado-Salinas *et al.*, 1999) . El ACP fue más útil que el de agrupamiento para delimitar las OTU's correspondientes a cada especie. Los caracteres que explican la mayor variación en el género *Phaseolus*, fueron el número de nervaduras conspicuas, color de las bractéolas, la forma de las estípulas y el largo de las brácteas primarias, que permitieron generar la clave para determinar las siete especies de *Phaseolus* que se reconocen en este estudio para la Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. En el caso de *Phaseolus coccineus* que también presenta una variación morfológica alta, únicamente se está considerando que, en esta área, sólo se encuentra *P. coccineus* ssp. *coccineus* y *P. coccineus* ssp. *striatus*, sin reconocer la mayoría de las variedades propuestas por Freytag, únicamente se está considerando la var. *lineatibracteolatus*. Donde los atributos que explican la variación mayor son las características de las bractéolas y el color de las flores.

La problemática principal para separar las variedades, de *Phaseolus coccineus* consiste en que los caracteres morfológicos utilizados no son únicos, por lo tanto, se dificulta reconocer categorías infraespecíficas con un solo carácter como lo hace Freytag. Es conveniente que en el reconocimiento de categorías infraespecíficas se analicen otras evidencias como las moleculares.

XI. PERSPECTIVAS

Después de este trabajo se necesitaría de hacer más estudios poblacionales de *P. coccineus* donde se incluya los análisis elaborados en éste trabajo, ya que resultaron herramientas útiles, además de agregar más ejemplares silvestres de las diferentes partes geográficas donde se distribuyen de forma natural, e inclusive compararlas con las cultivadas, esto podría replantear o proponer nuevas variedades de las establecidas para el grupo, además, de integrarlo con estudios moleculares para complementarlos. También, en un nuevo estudio, se pueden agregar más caracteres morfológicos, en especial de las legumbres y semillas que son datos que no pudieron integrarse mejor por la falta de estos, en los ejemplares analizados.

XII. BIBLIOGRAFÍA CITADA

Acosta-Díaz E., Trejo-López, C., Ruiz-Posadas L. del M., Padilla-Ramírez J. S. y

Acosta-Gallegos J. A. (2004). Adaptación del frijol a sequía en la etapa reproductiva. *Terra Latinoamericana*, 22 (1), 49-58.

<https://doi.org/10.15174/au.2019.1816>

Baudoin J. P., Camarena F. y Lobo M. (1995). Amélioration de quatre espèces de légumineuses alimentaires tropicales *Phaseolus vulgaris*, *P. coccineus*, *P.*

polyanthus et *P. lunatus*. Sélection intra- et interspécifique. En: Quel Avenir Pour l'amélioration des Plantes? *Quatrièmes Journées Scientifiques du Réseau Biotechnologie Végétale de l'UREF*, Namur, 18–21. 1993. 31-49.

Beyra A. y Reyes A. G. (2004). Revisión taxonómica de los géneros *Phaseolus* y *Vigna* (Leguminosae-Papilionoideae) en Cuba. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 61(2), 135-154. <https://doi.org/10.3989/ajbm.2004.v61.i2.41>

Bitocchi E., Nanni L., Belluci E., Rossi M., Giardini A., Spagnoletti Z. P., Logozzo G., Stougaard J., McClean P., Attene G. y Papa R. (2012a). Mesoamerican origin of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is revealed by sequence data. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109 (14), 5148-5149. <https://doi.org/10.1073/pnas.1108973109>

Bitocchi E., Belluci E., Giardini A., Rau D., Rodriguez M., Biagetti E., Santilocchi R., Spagnoletti Zeuli P., Gioia T., Logozzo G., Attene G., Nanni L. y Papa R. (2012b). Molecular analysis of the parallel domestication of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) in Mesoamerica and the Andes. *The New Phytologist*, 197(1), 300-313. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04377.x>

Blancas J., Casas A., Rangel-Landa S., Moreno-Calles A., Torres I., Pérez-Negrón E., Solís L., Delgado-Lemus A., Parra F., Arellanes Y., Caballero J., Cortés L., Lira R. y Dávila P. (2010). Plant management in the Tehuacán-Cuicatlán

Valley, México. *Economic Botany*, 64(4), 287-302.

<https://doi.org/10.1007/s12231-010-9133-0>

Broughton W. J., Hernández G., Blair M., Beebe S., Gepts P. y Vanderleyden J. (2003). Beans (*Phaseolus spp.*)-model food legumes. *Plant and Soil*, 252, 55-128. <https://doi.org/10.1023/A:1024146710611>

Búrquez A. y Sarukhán K. J. (1980). Biología de las poblaciones silvestres y cultivadas de *Phaseolus coccineus* L: I. Relaciones planta-polinizador. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 39, 5-24.

<https://doi.org/10.17129/botsci.1173>

Casas A., Valiente-Banuet A., Viveros J. L., Caballero J., Cortés L., Dávila P., Lira R. y Rodríguez I. (2001). Plant resources of the Tehuacán-Cuicatlán valley, México. *Economic Botany*, 55, 129-166.

<https://doi.org/10.1007/BF02864551>

Casas A., Rangel-Landa S., Torres I., Pérez-Negrón E., Solís L., Parra F., Delgado A., Blancas J., Farfán B. y Moreno A. I. (2008). In situ management and conservation of plant resources in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, México: an ethnobotanical and ecological approach. En: de Albuquerque, U. P. y Ramos, M. (eds.) *Current topics in ethnobotany*. 1-25 p.

Chacón S., M. I. (2009). Darwin y la domesticación de plantas en las Américas: El caso del Maíz y del Frijol. *Acta Biológica Colombiana*, 14S, 351-364.

- Dávila A. P., Villaseñor R. J. L., Medina L. R., Ramírez R. A., Salinas T. A., Sánchez-Ken J. y Tenorio L. P. (1993). Listados Florísticos de México X. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. México. 195 p.
- Dávila P., del Coro Arizmendi M., Valiente-Banuet A., Villaseñor J. L., Casas A. y Lira R. (2002). Biological diversity in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 11, 421–442.
<https://doi.org/10.1023/A:1014888822920>
- Debouck, D. G., e Hidalgo, R. (1985). Morfología de la planta de frijol común. Programa de las Naciones Unidas (PNUD).
- Debouck D. G. (1999). Diversity in *Phaseolus* species in relation to the common bean. En: Singh, S. R. (ed.) *Common bean improvement in the 21st Century*. 25-52. https://doi.org/10.1007/978-94-015-9211-6_2
- Debouck D. G., Araya, R., y Chaves-Barrantes, N. (2018). *Phaseolus anguciana* (Leguminosae: Phaseoleae), a new bean species from Fila Cruces of Southeastern Costa Rica. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, 12(2), 507-520.
- Delgado S. A. (1988). Variation, Taxonomy, Domestication, and Germplasm Potentialities in *Phaseolus*. En: Gepts, P. (eds.). Genetic Resources of *Phaseolus* Beans. *Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture*, 6, 441-463. https://doi.org/10.1007/978-94-009-2786-5_18

- Delgado-Salinas A., Bruneau A., y Doyle J. J. (1993). Chloroplast phylogenetic studies in New World Phaseolinae (Leguminosae: Papilionoideae: Phaseoleae). *Systematic Botany*, 18, 6-17. <https://doi.org/10.2307/2419784>
- Delgado-Salinas A., Turley T, Richman A. y Lavin M. (1999). Phylogenetic analysis of the cultivated and wild species of *Phaseolus* (Fabaceae). *Systematic Botany*, 24, 438-460. <https://doi.org/10.2307/2419699>
- Delgado-Salinas A. (2000). New species of Mexican *Phaseolus* (Fabaceae). *Systematic Botany*, 25(3), 414-436. <https://doi.org/10.2307/2666687>
- Delgado-Salinas A., Bibler R., y Lavin M. (2006). Phylogeny of the genus *Phaseolus* (Leguminosae): a recent diversification in an ancient landscape. *Systematic Botany*, 31(4), 779-791. <https://doi.org/10.1600/036364406779695960>
- Delgado-Salinas A. y Carr W. R. (2007). *Phaseolus texensis* (Leguminosae: Phaseolinae): a new species from the Edwards Plateau of Central Texas *Lundellia*, 2007 (10), 11-17. <https://doi.org/10.25224/1097-993X-10.1.11>
- Delgado A. y Gama L. S. (2015). Diversidad y distribución de los frijoles silvestres en México. *Revista Digital Universitaria*, 16(2), 1-11. Recuperado de <http://www.revista.unam.mx/vol.16/num2/art10/> .
- Escalante A. M., Coello G., Eguiarte L. E. y Pinero D. (1994). Genetic structure and mating systems in wild and cultivated populations of *Phaseolus*

coccineus and *P. vulgaris* (Fabaceae). *American Journal of Botany*, 81 (9), 1096-1103. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1994.tb15603.x>

Fernández G. y Johnston M. (2006). Crecimiento y temperatura. En: Squeo, F. A. y Cardemil, L. (Eds.), *Fisiología Vegetal* (20: 1-28) La Serena, Chile: Ediciones Universidad de La Serena.

Freytag G. F. y Debouck D. G. (2002). Taxonomy, distribution, and ecology of the genus *Phaseolus* (Leguminosae-Papilionoideae) in North America, Mexico and Central America. *Sida, Botanical Miscellany*, 23, 1-300.

Goel, S., Raina, S.N. y Ogiharat, Y. (2002). Molecular evolution and phylogenetic implications of Internal Transcribed Spacer sequences of nuclear ribosomal DNA in the *Phaseolus-Vigna* complex. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 22(1), 1-19. <https://doi.org/10.1006/mpev.2001.1037>

Goldblatt, P. (1981). Cytology and the phylogeny of the Leguminosae. En: Polhill, R.M. y Raven, P.H. (eds.), *Advances in Legume Systematics*, 2, 427-463. Royal Botanic Gardens. Kew, Reino Unido.

Guerra-García A., Suárez-Atilano M., Mastretta-Yanes A., Delgado-Salinas A. y Piñero D. (2017). Domestication genomics of the open-pollinated Scarlet Runner Bean (*Phaseolus coccineus* L.). *Frontiers in Plant Science*, 8:1891, 1-15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01891>

- Gutiérrez J., Terrazas T. y Luna-Vega I. (2017). Morphometric analysis of *Milla biflora* (Asparagaceae: Brodiaeoideae), with an identification key for *Milla*. *Plant Ecology and Evolution*, 150(1), 76-86.
- Hannah M.A., Krämer K. M., Geffroy V., Kopka J., Blair M. W., Erban A., Vallejos E. C., Heyer A. G., Sanders F., Millner P., Pilbeam D.J. (2007). Hybrid weakness controlled by the Dosage-Dependent Lethal (DL) gene system in common bean (*Phaseolus vulgaris*) is caused by a shoot-derived inhibitory signal leading to salicylic acid-associated root death. *The New Phytologist*, 176(3), 537-549. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.02215.x>
- ITHAKA. (2020). *Jstor Global Plants*. Obtenido de <http://plants.jstor.org>
- Jarvis C. (2007). *Order out of Chaos, Linnaean Plant Names and their Types*. The Linnean Society of London. Natural History Museum. Londres, Reino Unido 1016 p.
- Joliffe, I. T. y Cadima, J. (2016). Principal component analysis: a review and recent developments. *Philosophical transactions. Series A, Mathematical, physical, and engineering sciences*, 374(2065), 20150202. <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>
- Kaplan L. (1965). Archeology and domestication in American *Phaseolus* (Beans). *Economic Botany*, 19(4), 358-368. <https://doi.org/10.1007/BF02904806>

- Kwak M., Kami J. y Gepts P. (2009). The putative Mesoamerican domestication center of *Phaseolus vulgaris* is located in the Lerma-Santiago Basin of Mexico. *Crop Science*, 49, 554–563.
<https://doi.org/10.2135/cropsci2008.07.0421>
- Lewis G., Schrire B., Mackinder B. y Lock M. (2005). *Legumes of the world*. Royal Botanic Gardens. Kew, Reino Unido, 577 p.
- Lira R., Casas A., Rosas-López R., Paredes-Flores M., Pérez-Negrón E., Rangel-Landa S., Solís L., Torres I. y Dávila P. (2009). Traditional Knowledge and useful plant richness in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico. *Economic Botany*, 63 (3), 271-287. <https://doi.org/10.1007/s12231-009-9075-6>
- López S., J. L., Ruiz C., J. A., Sánchez G., J. de J. y Lépiz I. R. (2005). Adaptación climática de 25 especies de frijol silvestre (*Phaseolus spp.*) en la República Mexicana. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28 (3), 221-230.
- López de J., R. (2015). El paisaje de la Mixteca Alta. *Bitácora Arquitectura*, 31, 76-85.
- Lot A. y Chiang F. (1986). Manual de herbario (Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos). Consejo Nacional de la Flora de México. México, 142 pp.
- LPWG. (2017). Phylogeny and classification of the Leguminosae. *Taxon*, 66(1), 44-77.

- Maréchal R., Masherpa J.M. y Stainier, F. (1981). Taxonomic study of the *Phaseolus-Vigna* complex and related genera. En: Polhill, R. M. y Raven, P.H. (Eds.), *Advances in Legume Systematics*, 1, 329-335. Royal Botanic Gardens, Kew, Reino Unido. <https://doi.org/10.3989/ajbm.2004.v61.i2.41>
- Medina G. G., Ruiz C., J. A., y Martínez P., R. A. (1998). *Los Climas de México: Una Estratificación Ambiental Basada en el Componente Climático*. Libro técnico núm. 1. INIFAP-CIRPAC. (Ed.) Conexión Gráfica. Jalisco, México. 103 p.
- Mercado-Ruaro P. y Delgado-Salinas, A. (1996). Karyological studies in several Mexican species of *Phaseolus* L. and *Vigna* Savi (Phaseolinae, Fabaceae). En: Pickersgill, B. y Lock, J.M. (eds.), *Advances in Legume Systematics*, 8, 83-87. Royal Botanic Gardens. Kew, Reino Unido. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-47572000000400043>
- Mercado-Ruaro P., Delgado-Salinas A. y Chiang F. (2009). Taxonomic re-assessment of *Phaseolus dasycarpus* (Leguminosae): Systematic position, chromosome studies and re-description. *Brittonia*, 61(1), 8-13. <https://doi.org/10.1007/s12228-008-9048-6>
- Meza-Vázquez K. E., Lépiz-Ildefonso R., López-Alcocer J. de J. y Morales-Rivera M. M. (2015). Caracterización morfológica y fenológica de especies silvestres de frijol (*Phaseolus*). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38(1), 17-28.

- Michener, C.D. and Sokal, R. R. (1957). A quantitative approach to a problem in classification. *Evolution*, 11: 130-162. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1957.tb02884.x>
- Moreno N. P. (1984). *Glosario Botánico Ilustrado*. Ed. Continental S. A. de C. V. Instituto Nacional sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Veracruz, México. 301p.
- Olvera-Luna A. R., Gama-López S. y Delgado-Salinas A. (2012) Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Fascículo 107.Fabaceae. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. Departamento de Botánica. Ciudad de México, México. 1-42.
- Planchuelo, A. M. y Carreras M. E. (2011). Evaluación de la diversidad morfológica en *Crotalaria incana* L. (Fabaceae, Faboideae), una leguminosa silvestre de valor forrajero. *AgriScientia*, 28 (1): 39-49.
<https://doi.org/10.31047/1668.298x.v28.n1.2783>
- Radford A. E., Dickison W. C., Massey J. R. y Bell C. R. (1974). *Vascular Plant Systematics*. Harper & Row. New York, EUA. p. 891.
- Rendón-Anaya M., Herrera-Estrella A., Gepts P. y Delgado-Salinas A. (2017). A new species of *Phaseolus* (Leguminosae, Papilionoideae) sister to *Phaseolus vulgaris*, the common bean. *Phytotaxa*, 313(3), 259-266.
<https://doi.org/10.11646/phytotaxa.313.3.3>

Rohlf, F. J. (2005). NTSYSpc (versión 2.11X). Windows. New York EUA: Applied Biostatistics Inc.

Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. 1ª ed. Digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Salcedo C. J., Arroyave J. A., Toro Ch. O. y Debouck D. G. (2006). *Phaseolus novoleonensis*, a new species (Leguminosae, Phaseolinae) from the Sierra Madre Oriental, Nuevo León, México. *Novon*, 16(1), 105-111.

[https://doi.org/10.3417/1055-3177\(2006\)16\[105:PNANSL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.3417/1055-3177(2006)16[105:PNANSL]2.0.CO;2)

Seaton, H. E. (1893). New and little known plants collected on Mt. Orizaba in the summer of 1891. *Proceedings of the American Academy Arts*, 28, 118.

<https://www.jstor.org/stable/20020513>

Sneath, P. H. A. y Sokal, R. R. (1973). *Numerical taxonomy*. W. H. Freeman and Co. San Francisco, EUA. 572 p.

Sousa S. M., Medina L. G., Andrade M. y Rico, M. L. (2004). *Leguminosas*. En: A. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.) Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México. 249-269 p.

Stata (versión 12). (2011). Windows. Texas EUA: StataCorp.

Villaseñor J.L., Dávila P. y Chiang F. (1990). Fitogeografía del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 50, 135-149.

<https://doi.org/10.17129/botsci.1381>

Vlasova A., Capella-Gutiérrez S., Rendón-Anaya M., Hernández-Oñate M., Minoche A. E., Erb I., ... Guigó R. (2016). Genome and transcriptome analysis of the Mesoamerican common bean and the role of gene duplications in establishing tissue and temporal specialization of genes.

Genome Biology, 17, 32. <https://doi.org/10.1186/s13059-016-0883-6>

White J.W., Montes C. y Mendoza L.Y. (1992). Use of grafting to characterize and alleviate hybrid dwarfness in common bean. *Euphytica*, 59,19-25.

<https://doi.org/10.1007/BF00025357>

Zhang Q-d, Jia R-Z, Meng C, Ti C-W y Wang Y-L. (2015). Diversity and population structure of a dominant deciduous tree based on morphological and genetic data. *AoB Plants*, 7: plv103; doi: 1093/aobpla/plv103.

<https://doi.org/10.1093/aobpla/plv103>