

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**POSGRADO EN CIENCIAS**

**BIOLÓGICAS**

**INSTITUTO DE BIOLOGÍA**

**VARIACIÓN MORFOLÓGICA DEL COMPLEJO *Vigna*  
*adenantha* (G.F. Mey.) Maréchal *et al.* (Leguminosae:  
Phaseolineae) EN MÉXICO.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE  
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS (SISTEMÁTICA)**

**P R E S E N T A :**

**MONSERRAT IBARRA GONZÁLEZ**

**DIRECTOR DE TESIS: DR. ALFONSO O. DELGADO SALINAS**

México, DF

2006



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.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por la beca otorgada para la realización de este proyecto; al Instituto de Biología por las facilidades prestadas para el uso de sus instalaciones; al Herbario Nacional por el material facilitado para el desarrollo de este proyecto; al Laboratorio de Fanerogamia para la realización del conteo cromosómico, al Laboratorio de Microscopia Electrónica, y al Jardín Botánico por la facilidad prestada para el uso de su invernadero.

*"Ser maestro no significa simplemente afirmar que una cosa es así, o recomendar una lectura, etc. No. Ser maestro en un sentido preciso es ser aprendiz. La educación comienza cuando tú, maestro, aprendes del aprendiz, te pones en su lugar de modo que puedas entender lo que él entiende y de la forma en que él lo entiende"*

*(S. Kierkegaard).*

## **AGRADECIMIENTOS.**

Al volver atrás, y mirar cuantas personas han estado apoyándome, instruyéndome o creciendo conmigo durante esta etapa de mi vida académica, me doy cuenta de que son muchas, y muy valiosas todas ellas, por lo que, el miedo de poder olvidarme de alguna de ellas surge, pero, tratando de evitar que esto suceda y con el riesgo de que la lista de agradecimientos parezca más larga que la tesis misma, inicio.

Al Doctor Alfonso Delgado por su confianza y orientación para el inicio de este proyecto, pero aún más por su dirección en el desarrollo del mismo, por sus enseñanzas no sólo en el herbario, sino también en campo, ya que la experiencia transmitida es invaluable, por ser un líder innato, que sabe motivar y sacar lo mejor de las personas que están a su cargo, y mi agradecimiento es aún mayor por mostrarme que existen buenos científicos, pero, que detrás de ellos existen aún mejores personas, gracias por ser un excelente padre académico.

Al Doctor Juan Núñez Farfán, por su orientación en el área de transplantes, y variación morfológica, por resolver todas mis dudas y sobre todo por su amable disposición y apoyo lo cual, agradezco aún más por que sé de su apretada agenda, mil gracias por su confianza y apoyo.

Al Doctor Javier Caballero por su dirección en la realización de los Análisis fenéticos, por su tolerancia todo un semestre de clases, en el que aprendí no sólo a hacer análisis multivariados, sino, a ser una persona más organizada y metódica, y que cualquier resultado, si es fruto de un buen análisis, es un buen resultado.

A las doctora Hilda Flores y Susana Valencia, por sus atinadas observaciones y comentarios que enriquecieron en mucho este trabajo, mil gracias por su disposición y amabilidad.

Al Ing. Raymundo Ramírez y al Biol. Jesús Cortés, por su invaluable colaboración en la recolección del material de campo, en Jalisco (y Estados circunvecinos), por su asesoría en la identificación de especies cercanas a mi material de campo, por ser excelentes anfitriones y sobre todo, por ser ahora parte de mis grandes amigos, ¿recuerdan?, antes mi color favorito era el azul, después de conocerlos es el azul agave.

Al M. en C. Pedro Mercado, por su apoyo incondicional para el conteo cromosómico, y toma de fotografías de los mismos, por sus consejos para mejorar la técnica de obtención de cromosomas, y más que nada por ser un gran amigo.

Al M. en C. Juan Carlos Montero por la gran ayuda prestada para la toma de fotografías en microscopio óptico, por su colaboración en la recolección de ejemplares de campo, y sobre todo por su gran valor para acompañarme en mis primeros intentos de manejo por el Distrito Federal, muchas gracias Carlitos.

A la M. en C. Berenit por la ayuda brindada en la elaboración de muestras y toma de fotografías en microscopía electrónica de barrido. Al Sr. Jorge A. Saldivar Sandoval por la ayuda en el escaneo y digitalización de imágenes de cromosomas.

A la maestra Elvia Esparza, por su infinita paciencia en la clase de dibujo científico, y por que a pesar de nuestros malos trazos nunca desistió y finalmente el trabajo realizado en su clase se muestra en esta tesis.

A todo el personal de la Biblioteca del Instituto de Biología que amablemente y siempre con una gran sonrisa me ayudaban en mi búsqueda de material bibliográfico y muy en especial a Georgina quien eficientemente conseguía el material bibliográfico que requería muchas gracias Gina.

A mis amigos de la banda biológica: Julieta Rosell (Chuletita), Mark Olson (sorry doc), Genaro Gutiérrez (Genarín), Gaby Sánchez (niño de cobre), Claudita Carranza (pollenites), Carlitos Gómez (Chukri) y la ya lejana pero nunca olvidada Ivalú, por los momentos más divertidos que hicieron de la maestría algo inolvidable, por las muy extensas clases de baile, y sobre todo por su amistad los quiero mucho bichos.

A mis amigos Ricardo (mi niño precioso), Daniel (el excelente papá), Itzel Baca, y a Valeria Cruz (fashion girl), por su amistad constante a pesar de los contratiempos, por confiar siempre en mí, como yo en ustedes, por los consejos, las pláticas, los viboreos, las clases y esas mugres ecuaciones compartidas y tantos y tantos momentos que siempre guardaré con gran cariño no sólo en mi mente si no también en mi corazón, por que sé que aún cuando estemos lejanos nuestra amistad nos mantendrá unidos.

A Jeny S. Sotuyo por las peripecias compartidas en la salida de campo al Estado de Guerrero, al Biol. José Luis Ibarra por su tolerancia y buena disposición en la misma salida.

Al Ing. Francisco A. Lámbarri por su asesoría técnica en procesamiento y manipulación digital de imágenes con el software MIPS y por su ayuda en el área de computo y red y por haberme apoyado con su modo peculiar de hacerlo.

A mis amigos constantes Itzel Pérez, Fernando Rojas y Héctor Vázquez, por su amistad por ser esa motivación extra en tiempos difíciles por ser, y estar los quiero mucho.

A mis más recientes pero no menos importantes amigos: Juan Carlos, Ady Claudia, Herme, Perita, Martín, y Carlos, por que, a pesar de no conocerme en esa época de estudiante, me apoyan e impulsan a seguir superándome, por hacer más suave mi entrada al mundo real (o sea, el laboral) y por que cada uno, a su estilo, han hecho que esta tesis tenga un toque especial, a mis súper jefes: Ing. Carlos Lozano y al Doctor Arcadio de la Cruz por su apoyo constante y por todas las oportunidades brindadas, mil gracias por su confianza; y muy en especial a Javier quien con su amor y ejemplo de perseverancia y tenacidad ha sido inspiración y motivo para seguir siempre adelante como gotita de agua, y por su valiosísima ayuda en la redacción del abstract, te quiero mucho.

A mis pasados, actuales y futuros alumnos del Tec, que, con su cariño, entusiasmo y actitud cambiaron mi visión de las escuelas privadas, y a quienes otorgo este trabajo, con gran ilusión de que sean parte de las mentes científicas brillantes de este país en un futuro ya muy cercano.

Y sobre todo a mi madre, por ser mi amiga y mi apoyo incondicional toda la vida, gracias mamá te adoro.

A las secretarias del departamento de Botánica por su ayuda en el llenado de formatos, a la siempre sonriente Rocío por su asesoría en los trámites de postgrado, y a todos aquellos que de alguna manera con su sola presencia generan un cambio positivo en mí..... Mil Gracias.

## CONTENIDO.

<b><u>RESUMEN.</u></b>	11
------------------------	----

### **INTRODUCCION.**

• Generalidades de las leguminosas	14
1. Tribu Phaseoleae	16
2. Subtribu Phaseolinae	16
3. Género <i>Vigna</i>	17
4. Subgénero <i>Sigmoidotropis</i>	17
5. Sección <i>Leptospron</i>	18
• Importancia de las leguminosas	21
• Antecedentes	24
1. Complejo <i>Phaseolus-Vigna</i>	24
2. Planteamiento y justificación del problema	26
3. Objetivo	28
4. Material y método general	29

### **Parte 1. MORFOLOGÍA DE EJEMPLARES COLECTADOS**

• Transplantes	31
1. Justificación	32
2. Objetivos	32
3. Material y métodos	32
4. Resultados	35
• Plántulas	39
1. Justificación	40
2. Objetivos	40
3. Material y métodos	40

4. Resultados	41
• Cromosomas	43
1. Justificación	43
2. Objetivos	44
3. Material y métodos	46
4. Resultados	48
• Observaciones en flores	
1. Quilla	50
2. Estigma y estilo	52

## **Parte 2. METODOS MULTIVARIADOS EN CARACTERES MORFOLÓGICOS.**

• En material de herbario (De la colección del MEXU y de material visto en campo)	
1. Introducción	57
2. Justificación	58
3. Objetivos	59
4. Material y métodos	59
5. Resultados	62
• Variación foliar en ejemplares de invernadero	
1. Justificación	70
2. Objetivos	70
3. Material y métodos	70
4. Resultados	71
• En flores (Colectadas en campo)	
1. Material y métodos	75
2. Resultados	76

<b>DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>	83
Descripción de <i>Vigna adenantha</i> contrastando con <i>Vigna gentryi</i>	85
<b>LITERATURA CITADA</b>	89
<b>APÉNDICES</b>	94

## RESUMEN.

Las Leguminosae son la segunda familia más importante económica y en cuanto a diversidad morfológica se trata, esta gran diversidad hace que uno de los principales problemas, sea la delimitación taxonómica, ejemplo de ello es *Vigna adenantha* (G.F. Mey.) Maréchal, Mascherpa & Stainier y *V. gentryi* (Standl.) Stainier & F. Horvat ya que, la amplia distribución de la primera y su gran variación morfológica, hace que a veces, casi coincida en dimensiones con la segunda y se les considere en muchos casos la misma especie.

Por lo anterior nuestro principal objetivo fue entender la variación existente entre las dos especies y dado que aparentemente la diferencia principal entre ellas eran sus dimensiones se pretendía encontrar los patrones de variación dentro y entre las especies.

Para explicar estas diferencias este trabajo se dividió en dos estudios: Observaciones morfológicas en ejemplares colectados en campo (transplantes, plántulas, cromosomas y flores) y Análisis fenéticos en caracteres morfológicos de ejemplares de herbario y en flores y hojas colectadas en campo.

Con los resultados obtenidos en los análisis fenéticos de los ejemplares de herbario, confirmamos que existen dos grupos y que estos se dan por las dimensiones fundamentalmente de las estructuras florales. Las agrupaciones que se formaron con los caracteres tomados de ejemplares de herbario se dan principalmente por los siguientes caracteres: diámetro del tallo, ancho de las estípulas, longitud del primer y segundo entrenudo, ancho del cáliz, largo de las alas, largo y ancho de la quilla, largo de la vaina, largo de

las bractéolas, largo del pedicelo de la flor y longitud del pedúnculo de la inflorescencia.

Apoyándonos en las observaciones hechas en plántulas podemos decir que la diferencia entre estas dos especies está dada por las dimensiones de sus estructuras más la presencia de estípulas bífidas (sólo en *Vigna adenantha*), ésta observación cabe señalar, implica la traza de un proceso evolutivo en el cual no nos adentramos, ya que es difícil dar la dirección del mismo y no es el objetivo del trabajo.

Además, con las observaciones de ejemplares en vivo podemos determinar que el tamaño de la inflorescencia, el color y el tamaño de la flor son los que nos permiten distinguir a una especie de otra.

Con los resultados obtenidos de los análisis fenéticos de las flores podemos confirmar que existen dos grupos y que estos se dan por el largo y ancho del cáliz, el largo de los dientes laterales, largo y ancho de las alas y largo y ancho de la quilla.

Así que, las conclusiones a las que se llegó son:

- Existen dos grupos dados por las dimensiones principalmente de sus caracteres florales.
- Estos dos grupos son distinguibles con caracteres vegetativos, en plántulas. Aunque es necesario incrementar la matriz básica de datos con caracteres de plántulas para tener más parámetros que expliquen con mayor veracidad la variación en este estadio de la planta.
- Los números cromosómicos no difieren entre las dos especies por lo que no es un carácter útil en la distinción de estas dos especies.

- Los estigmas, así como su desarrollo no difieren suficientemente para ser considerados carácter útil en la distinción de estas dos especies.
- Al no haber variación morfológica entre los ejemplares colectados y observados en campo y los transplantados en el invernadero, podemos decir que la variación existente entre las dos especies no es dada por factores ambientales.
- *Vigna adenantha* presenta la quilla inclinada sobre el ala derecha de la flor y *Vigna gentryi* presenta la quilla enroscada y erguida entre las alas de la flor.
- Finalmente se concluye que *Vigna adenantha* y *Vigna gentryi* son dos especies distintas y no la variación, una de la otra.

## **INTRODUCCION.**

Después de las Asteraceae y las Orchidaceae, las Fabaceae o Leguminosae ocupan el tercer lugar de las familias de angiospermas más ampliamente diversificadas en el mundo, encontrándose representadas por 700 géneros y 20,000 especies (Doyle y Luckow, 2003).

Pero, si hablamos en términos de diversidad de formas, importancia económica y número de hábitats en los que se distribuye, la familia ocupa el segundo lugar mundial después de las Poaceae (Wojciechowski, 2003).

En México la familia Leguminosae se encuentra representada por 26 tribus, 135 géneros y de 1,724 a 1,800 especies, de las cuales, 896 son endémicas (Sousa y Delgado, 1993).

Las Leguminosae tradicionalmente han sido divididas en tres subfamilias: Caesalpinoideae, Mimosoideae y Papilionoideae; para esta última el Código Internacional de Nomenclatura Botánica permite también una nomenclatura alternativa que puede ser Faboideae (Polhill, 1994).

Sin embargo, es importante señalar que existen discrepancias para considerar a las leguminosas como una sola familia o, si las tres subfamilias que la conforman se deben elevar a familias.

Cronquist (1981) eleva a las tres subfamilias a familias mientras que Lewis (2003) propone que se reconozca como una sola familia y que se maneje con el nombre de Leguminosae, ya que, de utilizarse el nombre Fabaceae (permitido por el Código de Nomenclatura Botánica) éste crearía conflictos al tratar de reconocer si se trata de la familia o sólo de las Papilionoideae que como ya se había mencionado, también reciben el nombre de Faboideae.

Lo anterior es sugerido para no crear conflictos nomenclaturales, pero también lo sugiere para no crear conflictos taxonómicos, ya que, aparentemente las Mimosoideae y Papilionoideae surgen independientemente dentro de la alianza de las Caesalpinoideae, lo cual, no las coloca en el mismo nivel taxonómico, además de que esta última subfamilia es parafilética y presenta otras subdivisiones que son comparables en estatus con las otras dos subfamilias, por lo que además se tendrían que colocar en otros niveles taxonómicos, lo cual nos llevaría a un conflicto aún mayor del que ya se tiene. En este trabajo se utiliza la propuesta de Lewis (2003).

La **subfamilia Caesalpinoideae** cuenta con 162 géneros y aproximadamente 3,000 especies de árboles, arbustos o hierbas (Doyle y Luckow, 2003); las cuales se presentan en 3 principales centros de distribución: Sudamérica, región tropical de África y Sureste de Asia (Lewis, 1998).

La **subfamilia Mimosoideae** está formada por plantas arbóreas y herbáceas, y en su mayoría por arbustos, casi todas de zonas intertropicales (Judd *et al.*, 1999), comprende 77 géneros y aproximadamente 3,000 especies, sus géneros más representativos son *Acacia* y *Mimosa* (Doyle y Luckow, 2003).

La **subfamilia Papilionoideae** se encuentra representada por plantas herbáceas, pero también se pueden encontrar plantas arbustivas o arbóreas, cuenta con 476 géneros y 14,000 especies aproximadamente, lo que hace que sea la mayor de las tres subfamilias, distribuyéndose en casi todo el mundo (Doyle y Luckow, 2003).

Avances en estudios morfológicos y en análisis realizados por medio de marcadores moleculares han revelado una nueva agrupación de las tribus que conforman a la subfamilia Papilionoideae, modificando de esta manera la clasificación propuesta por Polhill (1981) a la hoy en día planteada por Lewis *et al.* (2005); la cual divide a la subfamilia en 28 tribus, las cuales son: Swartzieae, Sophoreae, Dypterygeae, Brongniartieae, Euchresteeae, Thermopsidaeae, Podalyrieae, Crotalarieae, Genisteae, Amorpheae, Dalbergieae, Hypocalypteae, Mirbelieae, Bossiaeeae, Indigofereae, Millettieae, Abreae, **Phaseoleae**, Desmodieae, Psoraleeae, Sesbanieae, Loteae, Robinieae, Galegeae, Hedysareae, Cicereae, Trifolieae y Fabeae.

La **tribu Phaseoleae** contiene al mayor número de géneros y los de mayor importancia económica dentro de las leguminosas, destacando, *Glycine*, *Phaseolus* y *Vigna*; esta tribu se divide en las subtribus: Diocleinae, **Phaseolinae**, Glycininae, Kennediinae, Cajaninae, Ophrestinae, Clitoriinae y Erythrinae (Lackey, 1981).

La **subtribu Phaseolineae** incluye a las Papilionoideae que en su mayoría presentan pedúnculos nudosos, exceptuando a *Phaseolus*; pero en el resto cada nudo es glandular y además presentan el estilo barbado. Su principal género es *Phaseolus* y los otros ampliamente reconocidos son: *Dolichopsis*, *Macroptilium*, *Mysanthus*, *Oryxis*, *Ramirezella* y *Strophostyles* (nativos de América); *Lablab*, *Alistilus*, *Sphenostylis*, *Nesphostylis*, *Austrodolichos*, *Physostigma*, *Vatovaea*, *Otoptera*, *Dipogon*, *Spathionema*, *Dolichos*, *Macrotyloma*, *Neorautanenia*, *Decorsea*, *Dyslobium* y *Psophocarpus*

(nativos del Viejo Mundo) y **Vigna** y *Oxyrhyncus* (presentes tanto en el Nuevo como en el Viejo Mundo) (Lackey, 1981).

El género **Vigna** se podría decir que se caracteriza por la ausencia de pelos uncinados; brácteas florales caducas; ejes secundarios de la inflorescencia reducidos a rodetes glandulosos; comúnmente no más de dos flores por nudo; pedicelo grueso generalmente más corto o igual de largo que el cáliz; pétalos de longitud subigual, el fruto en su mayoría muestra vainas lineares no septadas y estilo caduco; aunque, éstas características no son suficientes para delimitar al género ya que una particularidad de *Vigna* es combinar estos y otros caracteres, como son: estípulas prolongadas sobre la inserción; raquis de la inflorescencia contraído; estilo extendido más allá del estigma por un rostro más o menos largo; polen triporado y estructura de la exina formando una red de amplias mallas (Maréchal *et al.*, 1978).

Maréchal *et al.* (1978) dividen al género *Vigna* en los subgéneros: *Vigna*, *Plectotropis*, *Ceratotropis*, *Haydonia* y *Macrorhyncha* (originarias del Viejo Mundo) y *Lasiocarpa* y ***Sigmoidotropis*** (originarias del Nuevo Mundo). Recientemente, Thulin *et al.* (2004) encuentran con estudios filogenéticos que las especies del subgénero *Macrorhyncha* forman parte del género *Wajira*, por lo que esta agrupación ya no existe dentro de *Vigna*.

El subgénero ***Sigmoidotropis*** fue establecido por Verdcourt (1970) y su clasificación interna fue propuesta por Maréchal *et al.* (1978), dividiéndola en 5 secciones: *Sigmoidotropis*, *Pedunculares*, *Caracalla*, *Condylostilis* y la sección ***Leptospron***.

Esta última sección, contaba hasta 1983 con una especie: *Vigna adenantha*, pero en este mismo año, Stainier y Horvat en un estudio de la exina del polen del complejo *Phaseolus-Vigna*, transfieren a *Phaseolus gentryi* al género *Vigna* por sus características semejantes a *Vigna adenantha*, con lo cual la sección *Leptospron* crece a dos especies. Stainier y Horvat (1983) describen el polen de *Vigna adenantha* como verrugoso, con los bordes de las verrugas uniforme, contrastando con el polen de *Vigna gentryi* el cual, también es verrugoso, pero los bordes de las verrugas son irregulares.

La **sección *Leptospron*** se caracteriza porque su quilla en su porción distal se enrosca compactamente dando una vuelta y media o dos vueltas; sus nudos de la inflorescencia son glandulosos y los dientes laterales del cáliz son falcados; como ya se mencionó cuenta con dos especies *Vigna adenantha* y *V. gentryi*.

Debido a la gran variación morfológica que presenta la **especie *Vigna adenantha* (G.F. Mey.) Maréchal. et al** a lo largo de su distribución, ha provocado que se le identifique con diferentes nombres, e incluso que se le confunda con ***V. gentryi* (Standl.) Stainier & F. Horvat** no habiendo trabajos monográficos al respecto, pero para apoyar esta aseveración la página del Missouri Botanical Garden (ver referencia electrónica) menciona que son 15 las sinonimias que presenta esta especie incluyendo a *Vigna gentryi* (*Phaseolus gentryi* Standl.), siendo las siguientes:

1. *Phaseolus truxillensis* Kunth. Nova Genera et Species Plantarum (folio ed.) 6: 353. 1824.
2. *Phaseolus cirrhosus* Kunth. Nova Genera et Species Plantarum (folio ed.) 6: 351. 1824.
3. *Phaseolus amoenus* MacFad. Botanical Miscellany 2: 113. 1830
4. *Phaseolus barbulatus* Benth. Commentationes de Leguminosarum. Generibus 74-75. 1837.
5. *Phaseolus brevipes* Benth. Commentationes de Leguminosarum. Generibus 75. 1837.
6. *Phaseolus caeduorum* Benth. Commentationes de Leguminosarum Generibus 74. 1837.
7. *Phaseolus cumingii* Benth. Commentationes de Leguminosarum Generibus 75. 1837.
8. *Phaseolus radicans* Benth. Commentationes de Leguminosarum Generibus 74. 1837.
9. *Phaseolus latifolius* Benth. Commentationes de Leguminosarum Generibus 75. 1837.
10. *Phaseolus subtortus* Benth. Commentationes de Leguminosarum Generibus 74. 1837.
11. *Phaseolus macfadyeni* Steudel. Nomenclator Botanicus. Editio secunda 2(10): 317. 1841.
12. *Phaseolus surinamensis* Miq. Annals and Magazine of Natural History , ser. 1, 11: 14. 1843.
13. *Phaseolus cuernavacanus* Rose. Contributions from the United States National Herbarium 8(4): 311. 1905.

14. *Phaseolus occidentalis* Rose. Contributions from the United States  
National Herbarium 8(4): 312. 1905.

15. *Phaseolus gentryi* Standl. Field Museum of Natural History, Botanical  
series 22(1): 28. 1940.

## **IMPORTANCIA**

Siguiendo a las Poaceae, las Leguminosae son la segunda familia más importante económica y en diversidad morfológica, debido a que contiene a plantas de gran importancia alimenticia y forrajera como son, a nivel mundial: *Arachis* (cacahuate), *Phaseolus* (Fríjol), *Pisum* (chícharos), *Glycine* (fríjol de soya), *Vicia* (Haba) y a nivel regional *Lens* (lentejas), *Cajanus* (Fríjol gandul, pigeon pea), *Cicer* (garbanzo), *Inga* (jinicuil), *Tamarindus* (tamarindo), *Vigna* (frijoles asiáticos), *Pachyrrhizus* (jícama); sin embargo, existen otros géneros como son *Abrus* y *Astragalus* los cuales son muy venenosos (Judd *et al.*, 1999).

Las Leguminosae tienen usos maderables, medicinales, artesanales, ornamentales, para construcción, cerca viva, combustibles, insecticidas y en la industria (Sousa *et al.*, 2004).

Ecológicamente la familia es importante en una gran diversidad de ecosistemas, especialmente los miembros de la subfamilia Papilionoideae, los cuales, se distribuyen y frecuentemente son dominantes en todo tipo de vegetación terrestre, desde los bosques tropicales lluviosos hasta los desiertos y la tundra alpina, jugando un papel vital en la biogeoquímica global, ya que, todas las especies de esta subfamilia tienen raíz con nódulos que albergan bacterias simbióticas que fijan el nitrógeno atmosférico al suelo (Wojciechowski, 2003).

La tribu Phaseoleae contiene a los géneros *Glycine* (fríjol de soya), *Phaseolus* (frijoles americanos) y *Vigna* (frijoles asiáticos), los cuales son importantes económicamente, por que forman parte de la nutrición humana (Lackey, 1981).

El género *Vigna* es de gran interés económico, dado que, muchas de sus especies son forrajeras, tal es el caso de *V. aconitifolia* y otras que forman parte de la dieta humana por ejemplo, *V. angularis*, cuyas semillas se comen hervidas en forma de requesón o *V. unguiculata* (fig. 1) que se come hirviendo su legumbre; *V. mungo* (fig.2) mejor conocida como fríjol mungo en la que sus semillas se consumen en forma de harina que sirve en algunos casos para hacer galletas. Otras especies son usadas ornamentalmente como *V. caracalla* (Mabberley, 1990).

En general, las especies de la sección *Leptospron* son de gran importancia económica, pues se consideran como maleza, pero usadas adecuadamente como se hace en Argentina, son una buena opción de cubierta verde (Piccolo, 2002).



**Fig. 1. *Vigna unguiculata* (L.) Walp.**

Tomada de: [www.echotech.org/bookstore/images/Vigna%20ung...](http://www.echotech.org/bookstore/images/Vigna%20ung...)



**Fig. 2. *Vigna mungo* (L.) Hepper**

Tomada de: [http://www.lavendelfoto.de/images/icons/v/Vigna\\_mungo\\_001.jpg](http://www.lavendelfoto.de/images/icons/v/Vigna_mungo_001.jpg)

## **ANTECEDENTES.**

El género *Vigna* fue creado por Savi en 1824, la especie tipo del género es *V. luteola* (Jacq.) Benth., una especie pantropical hasta entonces incluida en *Dolichos* L. (Zallocki *et al.*, 1993).

### **El problema de la delimitación entre *Phaseolus* y *Vigna*.**

Cuando se da la publicación de *Vigna* en 1824 no había un acuerdo general sobre su circunscripción, ni tampoco sobre las diferencias que sostenía con *Phaseolus* (McVaugh, 1987), por lo que esto se convirtió en uno de los mayores problemas en la clasificación de las *Phaseolinae*, dado el número de especies e importancia económica (Lackey, 1983).

Lo anterior se vio reflejado en las clasificaciones de ese tiempo, en las cuales, la mayoría de las especies incluidas en el complejo eran referidas a *Phaseolus* (McVaugh, 1987) y el resto de las especies con ciertas afinidades a dicho género eran relegadas a *Vigna* (Delgado-Salinas *et al.*, 1999).

Clásicamente la diferenciación entre *Phaseolus* y *Vigna* se basaba en el grado de curvamiento de la quilla, ya que Bentham (1865) había considerado a *Phaseolus* como de quilla espiralada, mientras que *Vigna* presentaba una quilla oblicua o a veces curvada, pero no perfectamente espiralada.

Este criterio no resultó eficiente, ya que, siguiéndolo, varias especies del Viejo Mundo que se consideraban como *Phaseolus* eran probablemente más próximas a *Vigna* que a muchos *Phaseolus* americanos, por lo que Wilczek (1954) separó ambos géneros por sus diferencias en cuanto a sus caracteres de estípulas y la morfología del estilo. Bajo este criterio

transfirió a *Vigna* a casi toda la sección *Ceratotropis* de *Phaseolus* (Zallocki *et al.*, 1993).

Con base en el trabajo de Wilczek (1956), Hepper (citado en Zallocki *et al.*, 1993) transfirió a *P. mungo* L. al género *Vigna*, introduciendo para ello, el carácter de septos en el fruto: no septado en *Phaseolus* y con septos en *Vigna* (Zallocki *et al.*, 1993).

Siguiendo estas características en 1966 Airy Shaw estimó el número de especies de *Phaseolus* en 200-400 especies y para *Vigna* en 80-100 (consultado en: Polhill y Raven, 1981).

En 1970, Verdcourt presentó su trabajo acerca de la distribución de los géneros de *Phaseoleae* del Viejo Mundo, en el contexto de la Flora Tropical del Este de África y consideró para *Vigna* ocho subgéneros: *Vigna*, *Sigmoidotropis*, *Dolichovigna*, *Haydonia*, *Ceratotropis*, *Cochlianthus*, *Macrorhyncha* y *Plectotropis*. La clave que brinda se basa principalmente en caracteres de la quilla, el estilo, tipo de estípulas, forma del estandarte y la distribución geográfica; a *Phaseolus* lo consideró exclusivamente del Nuevo Mundo, mientras que a *Vigna* la consideró como un género pantropical.

Más tarde Maréchal *et al.* (1978), dividen al género *Vigna* en los subgéneros: *Vigna*, *Plectotropis*, *Ceratotropis*, *Haydonia*, *Macrorhyncha* (originarias del Viejo Mundo), *Lasiocarpa* y *Sigmoidotropis* (originarias del Nuevo Mundo).

Consideremos que antes del trabajo hecho por Verdcourt en 1970 se proponían 200 a 400 especies para *Phaseolus* y 80-100 para *Vigna*, distribuidas en todo el mundo.

Con las delimitaciones hechas por Verdcourt (1970) y Maréchal *et al.* (1981), Lackey en el mismo año estima para *Phaseolus* 50 especies y para *Vigna* 150 (Polhill y Raven, 1981).

Actualmente, Delgado (1985) reconoce para *Phaseolus* 40 especies en Norteamérica mientras que, Debuck (2002) para la misma región reconoce 47 especies de este mismo género, en contraste con *Vigna*, para la que propone alrededor de 200, distribuidas en América, África y Asia (Mercado y Delgado, 1996).

### **Planteamiento y justificación del problema.**

El subgénero *Sigmoidotropis*, se distribuye desde el norte de la Republica Mexicana hasta el norte de Argentina, de ésta extensión *Vigna adenantha* cubre Sonora, Tamaulipas, la zona del Pacífico Mexicano hasta el norte de Argentina mientras que, *Vigna gentryi* se restringe de la zona del Pacífico Mexicano a Centroamérica (Delgado com. pers).

Es necesario mencionar esta distribución debido a que, para Stainier y Horvat (1983) una de las diferencias entre estas dos especies es la ubicación, lo cual, no es suficientemente válido como para considerarlas diferentes especies, ya que ellos mencionan que *Vigna adenantha* es una especie polimórfica de amplia distribución en el Continente Americano y que ha sido introducida a los trópicos del Viejo Mundo, mientras que *Vigna gentryi* se distribuye sólo en México (en los sistemas montañosos de Occidente y sur de la Republica Mexicana) y Centro América (Costa Rica), pero esta información no es del todo correcta debido a que, sobre la base de datos de campo y de herbario *V. adenantha* restringe su localización a una parte del continente americano (norte y pacifico mexicano hasta el norte de Argentina) y *V. gentryi*,

además de los sitios mencionados por Stainier y Horvat se encuentra también en el Pacífico mexicano, región que de acuerdo a mis observaciones comparte con *V. adenantha* lo cual hace que la distribución de ambas especies sea un factor poco confiable para diferenciarlas.

En general, la especie *Vigna gentryi* ha sido sustentada como especie diferente a *V. adenantha* por tener en general menores dimensiones, particularmente en flor (polen), fruto y semillas.

Esto hace que uno de los principales problemas, en cuanto a la delimitación taxonómica entre *V. adenantha* y *V. gentryi* es la amplia distribución de la primera y su gran variación morfológica, a veces, casi coincidiendo en dimensiones con la segunda, y debido a esta coincidencia y a que no se tenían suficientes caracteres para identificarlas las manejamos en este trabajo como el complejo *Vigna adenantha*.

Estas especies presentan variación de hábito, tamaño de flor y fruto, estructura del polen, teniendo en un extremo hábito enredadera, flores grandes de 2.5-4.0 cm y frutos de 8.0-10.0 cm y polen verrugoso con los bordes de las verrugas uniformes (en *V. adenantha*) y por otro lado, hábito rastrero, flores de 1.0-1.5 cm, frutos de 6.0-9.0 cm y verrugas del polen con borde irregular (en *V. gentryi*).

Sin embargo, diferentes poblaciones de ambos fenotipos se encuentran a diferentes altitudes, pero existen poblaciones intermedias en cuanto a hábito, tamaño, altitud y hábitat, por lo que es necesario establecer si es el ambiente el que está determinando estas diferencias, en cuyo caso estaríamos hablando de una sola especie con diferentes fenotipos a lo largo de su distribución o precisar cuáles son los patrones de variación en el caso de que fuesen dos especies distintas.

## **OBJETIVO GENERAL.**

- Entender la variación existente entre las dos especies
- Determinar si dicha variación se debe a presiones ambientales

## **OBJETIVO ESPECÍFICO.**

Dado que aparentemente la diferencia principal entre ellas son sus dimensiones:

- Encontrar los patrones de variación dentro y entre las especies.
  - Explicar las diferencias que hay entre especies.

## **MATERIAL Y MÉTODO GENERAL.**

Para explicar estas diferencias este trabajo se divide en dos estudios:

1.- Observaciones morfológicas en ejemplares colectados en campo (transplantes, plántulas, cromosomas y flores).

- Se realizó un muestreo de poblaciones del complejo *Vigna adenantha* distribuidos a lo largo de la Costa del Pacífico, en Jalisco y Oaxaca.
- En cada población se recolectaron individuos con raíz y/o estolón, semillas y flores.
- Se cultivaron y dejaron crecer los individuos en el Invernadero del Jardín Botánico del Instituto de Biología.
- Se germinaron las semillas y además de producir nuevos individuos se tomaron meristemas para la observación de cromosomas.

2.- Para reforzar las observaciones hechas en campo se realizaron análisis fenéticos en caracteres morfológicos de ejemplares de herbario y en flores y hojas colectadas en campo.

- Se eligió el material de estudio de ejemplares de herbario y de ejemplares de campo.
- Se tomaron las mediciones correspondientes y se construyó la matriz básica de datos (MBD) en una hoja de Excell 98.
- Se realizaron los análisis fenéticos de acuerdo a lo que se quería demostrar.

Cada estudio cuenta con una introducción breve, una sección de métodos y otra de resultados y finalmente se discutirán y plantearán las conclusiones de los dos estudios.

**Parte 1. MORFOLOGÍA.**  
**(En ejemplares colectados en**  
**campo)**



Imagen tomada de: [www.alectouk.com/BANKS/im060016.htm](http://www.alectouk.com/BANKS/im060016.htm)

## **TRANSPLANTES.**

Los estudios biométricos pretenden señalar patrones de variación en algunas especies, pero, al analizar sus datos se enfrentan a la gran dificultad de explicar, qué parte de esa variación tiene una base genética y cuál parte es inducida por el ambiente o, en qué proporción están actuando cada una de estas partes (genética y ambiental), para dar estos patrones de variación (Briggs, 1997).

Para estudiar los efectos genéticos y ambientales en las plantas, se seleccionan aquellas que puedan ser cultivadas bajo condiciones ambientales estándar, y con ello poder observar la variación que presenten en un determinado tiempo, y reconocer de esta forma qué factor es el que influye para que se dé dicha variación (Briggs, 1997).

Una forma común de analizar si la plasticidad fenotípica es heredable, es usar clones de varios genotipos y exponerlos a 2 o más ambientes; cada genotipo, entonces, estará representado en cada ambiente, y es en este momento que se miden los rasgos de interés, en los que se supone mantienen una relación estrecha con la adecuación. Por supuesto, existen diferencias en la variación de cada rasgo, y este varía ampliamente dentro de cada genotipo (plásticos), sin tener relevancia respecto a la adecuación; pero existen rasgos que se relacionan directamente con el éxito en el establecimiento, crecimiento y reproducción en cuyo caso suponemos que afectan la adaptabilidad del organismo (Núñez, 2003).

## **Justificación.**

Uno de los principales problemas con el género *Vigna* como ya se había mencionado es la gran variación morfológica que presenta, ejemplo de ello son las especies *Vigna adenantha* y *V. gentryi*, cuyas diferencias morfológicas podrían ser dadas por plasticidad fenotípica. Ya que, diferentes poblaciones de ambos fenotipos se encuentran a diferentes altitudes, pero existen poblaciones intermedias en cuanto a hábito, tamaño, altitud y hábitat.

## **Objetivo.**

Entender la variación existente entre las dos especies y encontrar los patrones de variación dentro y entre las especies y de ser posible determinar qué factor influye en dicha variación genética, ambiental o ambos.

## **Material y Métodos.**

- Se realizó un muestreo de poblaciones del complejo *Vigna adenantha*, distribuidos a lo largo de la costa del Pacífico en Jalisco (Fig. 3 ) y Oaxaca (Fig. 4), escogiéndose estos estados por tener un conocimiento previo de la ubicación de sus localidades y agilizar así la colecta.
- En cada población se recolectaron 4 individuos de cada especie, colectándose :
  1. raíz y/o estolón
  2. Semillas
  3. Flores
- En el invernadero del Jardín Botánico del Instituto de Biología en Ciudad Universitaria, se cultivaron individuos a partir de raíz, de estolón y a partir de semilla y se mantuvieron en las mismas condiciones, esto para poner a prueba nuestra hipótesis de que: si las especies provenían de dos

ambientes distintos y sus diferencias son dadas por el ambiente, entonces, al someterlas a un mismo ambiente estas diferencias desaparecerían.



**Fig. 3. Mapa de los sitios de colecta en Jalisco.**

★ Localidades visitadas



Fig. 4. Mapa de los sitios de colecta en Oaxaca.

★Localidades visitadas

- A partir de esquejes, se tuvieron 6 clones de cada individuo, es decir, por cada población se tenían 24 plantas, se tomaron los esquejes y ayudándonos de fitohormonas (RADIX) se apresuró la proliferación de raíces, lo cual aseguraba la sobrevivencia del clon.
- Las plantas que se trajeron con raíz se sembraron en macetas y en el caso de que la raíz estuviese dañada se le ponía un poco de RADIX sobre la lesión, de esta manera teníamos 4 plantas más, que junto con los clones nos dan un total de 28 plantas por ejemplar colectado.
- Las plantas se mantuvieron en condiciones de invernadero, registrándose para cada una, las variaciones morfológicas que iban manifestando.

## **Hipótesis.**

Si la variación en el complejo *Vigna adenantha* se debía principalmente a una diferenciación ecotípica, probablemente las muestras de campo cultivadas no retendrían sus características silvestres al encontrarse en condiciones de invernadero, homogenizando su morfología, en caso contrario, mantendrían diferencias de constitución entre ellas.

## **Resultados.**

Los sitios de colecta visitados se propusieron originalmente a partir de ejemplares de herbario, no encontrando en Jalisco las poblaciones referidas, esto debido probablemente a que hace 5 años (2000) esta zona fue alterada por un huracán, el cual, pudo cambiar las condiciones ambientales en las cuales se desarrollaban las especies, pero durante el recorrido fue posible encontrar ejemplares en nuevos sitios que mencionaré más adelante. En Oaxaca las poblaciones permanecían en los lugares reportados excepto para la especie *Vigna gentryi*.

En Jalisco a una altitud de 80 msnm se encontró la especie *Vigna gentryi* en el Municipio de Puerto Vallarta, en Los Llanitos (N 20°42'18" W 105°12'01"), creciendo en vegetación sabanoide junto a *Cochlospermum vitifolium* Willd., *Acrocomia mexicana* Karw. ex Mart., *Inga laurina* (Sw.) Willd., *Eugenia capuli* (Schltdl. & Cham.) Hook. & Arn., *Zamia loddigesii* Miq., *Croton suberosus* Kunth, *Curatella americana* L. y *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth.

Las plantas de *Vigna gentryi* se encontraban desarrollándose en suelo arcilloso muy compacto, llegando a endurecerse como una roca, sus raíces eran profundas, la más larga que se colectó era de ca. 45 cm, leñosa y poco ramificada; su hábito era rastrero en los lugares abiertos y en los que podía trepar lo hacía, aunque no tenía tantas ramificaciones como *V.*

*adenantha*, de la cual difería además en el color de sus flores; *V. gentryi* tiene flores pequeñas y de color rosa con líneas de nectario blancas y con la quilla enroscada en medio de las alas, y es abundante.

*Vigna adenantha* en la localidad de Jalisco se encontró en el Municipio La Huerta (N 19°17'18" W 104°47'22") a 0 msnm, en el estero de La Manzanilla, creciendo junto a *Rhizophora mangle* L., *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn., *Prosopis juliflora* (Sw.) DC., *Canavalia rosea* (Sw.) DC., *Cocus nucifera*, y en Tenacatita a la misma altitud, sobre suelo arenoso, las raíces muy profundas alcanzando un largo de 68 cm, al desenterrarlas despedían un olor muy parecido al de la jícama; fibrosas y más gruesas y ramificadas que las de *V. gentryi*, con la cual, difería también en el tamaño de sus flores, ya que, eran más grandes y de color blanco con líneas de nectario púrpura y la quilla inclinada hacia el ala derecha, característica que no había sido reportada antes, y como veremos más adelante que tiene una gran importancia taxonómica.

En Oaxaca sólo se tuvo éxito con dos poblaciones de *Vigna adenantha* en el ex Distrito de Jamiltepec. Municipio Santiago, Pinotepa Nacional (N 16°20'03" W 98°00'32.81"), en el puente Las Arenas, a 4 km de Pinotepa Nacional, y en el mismo ex Distrito en el Municipio de Santiago Jamiltepec (N 16°00'37" W 97°26'24.8"), en el puente del poblado Río Grande, creciendo ambas poblaciones como enredadera en vegetación riparia y en suelo arenoso con las mismas características morfológicas que las poblaciones de Jalisco.

En todas las poblaciones, y para ambas especies, se pudo observar una gran variación foliar entre individuos en algunos casos, o en la misma planta en otros, lo cual, hizo que se descartara este carácter como útil

para identificar a estas dos especies, aún así se realizó un análisis de conglomerados para verificar ésta observación. Asimismo se observaron diferencias en los tallos, presentándose en *Vigna adenantha* tallos gruesos y carnosos, mientras que en *V. gentryi* los tiene delgados y leñosos.

Las plantas obtenidas a partir de esquejes y brotes de raíz de la especie *Vigna adenantha* tuvieron una sobrevivencia del 100%, empezando a generar nuevas hojas a las dos semanas de haber sido transplantadas (Figs. 5, 6, 7 y 8). Sin embargo, en la especie *Vigna gentryi* ningún ejemplar obtenido a partir de esquejes logró sobrevivir, mientras que a partir de raíz sobrevivieron el 4.1% de nuestros ejemplares generando hojas a las seis semanas de transplantados.

Las características presentes en campo (características silvestres) persistieron en las plantas conservadas en invernadero, incluyendo la variación foliar y la disposición de la quilla, lo cual, nos permite decir que los caracteres morfológicos se encuentran fijados genéticamente y no se deben a condiciones ambientales.



**Fig. 5. Brotes a partir de raíz.**



**Fig. 6. Esqueje a partir de estolón.**



**Fig. 7. Brote foliar.**



**Fig. 8. Brote foliar.**

## PLÁNTULAS.

El estadio de plántula es una fase crítica del ciclo de vida, las adaptaciones que una planta adulta presenta son determinadas por los mecanismos de dispersión de la semilla, y en mayor proporción por los parámetros ecológicos de plántula a adulto, ya que el micro hábitat de la plántula es frecuentemente diferente al de la planta madura (Duke y Polhill, 1981).

Las semillas y las plántulas, son consideradas importantes indicadores acerca de la historia ecológica y evolutiva de algunos grupos de plantas superiores, debido a que la combinación de características de las semillas, y del individuo adulto representados por la plántula, pueden proveer de numerosas claves para la identificación (Duke y Polhill, 1981).

Baudet (1974) cita “Mémoires sur la famille des Légumineuses” de A.P. de Candolle para resaltar que el estudio de las plántulas es muy importante para la sistemática, ya que puede proveer una clara clasificación de los géneros basada en la morfología de las plántulas.

Pero a pesar de esto, pocos estudios de relaciones genéricas e infragenéricas utilizan las características de las plántulas para una investigación general. Dentro de las pocas existentes está los realizados en la Tribu *Detarieae* (Caesalpinioideae), cuyo problema es, que la estructura de las flores es excepcionalmente inestable, por lo que este criterio genérico es muy incierto y crea una confusión taxonómica constante. Pero la correlación de diferentes tipos de plántulas con ciertos patrones generales de modificación floral proveen de un argumento convincente para plantear una nueva clasificación (Duke y Polhill, 1981).

**Justificación.**

Debido a la poca delimitación existente entre las dos especies y con base en la importancia taxonómica de las plántulas, se consideró importante prestar atención a la relación de las diferencias que se observaban en estado adulto con las presentes en plántulas, y aumentar de esta manera la lista de características para diferenciar a éstas dos especies, ya que no existe ningún trabajo describiendo a las plántulas de este complejo.

**Objetivo.**

Encontrar las diferencias morfológicas entre las dos especies en su fase de plántula.

**Material y métodos.**

- De las semillas colectadas en campo, se pusieron a germinar 10 de cada especie, en cajas de petri con algodón, papel filtro y agua destilada.
- Se colocaron las cajas de petri en oscuridad en una estufa a 28° C y se esperó durante 2 a 3 días.
- Cuando las radículas tenían 2 a 3 cm. de longitud se plantaban en macetas y se trasladaban al invernadero para ver sus modificaciones

## Resultados

De la germinación de semillas se tuvieron 8 plántulas de *Vigna gentryi* y 10 de *V. adenantha*, observando que la germinación es de tipo epigeo en las dos especies, apareciendo tempranamente en la raíz pelos radicales, los protofilos presentan bases cordadas en las dos especies (Figs. 9 y 10) y sólo se observó en dos plántulas de *V. adenantha* bases truncas.



**Fig.9. Protofilo de *Vigna adenantha*.**



**Fig. 10. Protofilo de *Vigna gentryi*.**

En tres plántulas de la misma *Vigna adenantha* se observaron estipulas bífidas (Fig. 11), y la metafila trifoliolada en las dos especies (Fig. 12).



**Fig. 11. Estipulas bífidas de *V. adenantha* (izquierda) y enteras *V. gentryi* (derecha).**



**Fig. 12. Metafila trifoliolada.**

Debido a que fueron pocas las plántulas en las que se realizaron mediciones y por lo tanto poco representativas estadísticamente es que no se hicieron análisis fenéticos, pero esto no resta valor a los datos ya que las diferencias en las estípulas, como lo menciona Baudet (1974) posiblemente nos sugiera un proceso evolutivo, en el que, es difícil decidir qué dirección tiene: de estípulas bífidas a estípulas separadas o viceversa.

## **NÚMEROS CROMOSÓMICOS.**

Los estudios citogenéticos en plantas superiores comprenden la obtención del número cromosómico, el análisis de poliploides, así como el conocimiento de la forma y estructura de los cromosomas, lo cual nos permite comprender la dirección de los procesos de evolución del cariotipo, además de poder ver las relaciones entre variedades o especies cercanas (Palomino, 1985).

Del mismo modo, la citogenética estudia la regularidad de la distribución de los genes de generación en generación (meiosis) y de célula a célula (mitosis), así como su origen y la relación con la transmisión y la recombinación génica (Puertas, 1999).

Las Papilionoideae presentan número cromosómico base  $x=14$ , pero las papilionoideas tropicales presentan números base de  $x= 12, 11, 10$ . Lackey (1977) acepta como número base para la tribu Phaseoleae,  $x=11$ , ya que es el predominante en todas las subtribus,

### **Justificación.**

De las cerca de 100 especies aproximadamente con las que cuenta el género *Vigna*, 42 cuentan con números cromosómicos reportados. Dichos números se presentan en el cuadro 1, pero *V. gentryi* no ha sido registrado, por lo que creemos importante comparar y comprobar el número dado para *V. adenantha* contra el no estudiado de *V. gentryi*.

**Objetivo.**

Corroborar que las dos especies tengan el mismo número cromosómico y analizar si presentan células euploides o aneuploides.

**Cuadro 1. Números cromosómicos registrados para el género *Vigna***

NOTA:  $\phi$  = Número cromosómico no registrado.

**Subgénero Plectotropis.**

Espece	<i>n</i>	<i>2n</i>	Referencia
<i>Vigna vexillata</i> (L.) Benth.	10	n	Goldblatt, 1985; Goldblatt y Johnson, 1987
<i>Vigna vexillata</i> (L.) Benth.	$\phi$	22	Moore 1967

**Subgénero Ceratotropis.**

Espece	<i>n</i>	<i>2n</i>	Referencia
<i>Vigna aconitifolia</i> (Jacq.) Maréchal	$\phi$	22	Moore, 1967-1971
<i>Vigna angularis</i> (Willd.) Ohwi & Ohashi	$\phi$	22	Moore, 1967-1971
<i>Vigna dalzelliana</i> (O. Kuntze) Verdc.	$\phi$	22	Tomooka, 2002.
<i>Vigna exilis</i> Tateishi & Maxted	$\phi$	22	Tomooka, 2002.
<i>Vigna grandiflora</i> (Prain) Tateishi & Maxted	$\phi$	22	Tomooka, 2002.
<i>Vigna hirtella</i> Ridley	$\phi$	22	Tomooka, 2002.
<i>Vigna minima</i> (Roxb.) Ohwi & Ohashi	$\phi$	22	Goldblatt y Johnson, 1987
<i>Vigna mungo</i> (L.) Hepper	$\phi$	22	Goldblatt, 1983
<i>Vigna nakashimae</i> (Ohwi) Ohwi & Okashi	$\phi$	22	Tomooka, 2002.
<i>Vigna nepalensis</i> Tateishi & Maxted	$\phi$	22	Tomooka, 2002.
<i>Vigna radiata</i> (L.) R. Wilczek.	$\phi$	22	Moore 1967; Goldblatt, 1978, 1981, 1983, Goldblatt y Johnson, 1987
<i>Vigna reflexo-pilosa</i> Hayata	$\phi$	44	Tomooka, 2002.
<i>Vigna riukinensis</i> (Ohwi) Ohwi & Ohashi	$\phi$	22	Tomooka, 2002.
<i>Vigna subramaniana</i> (Babu ex Raizadov) M. Sharma	$\phi$	22	Tomooka, 2002.
<i>Vigna tenuicaulis</i> N. Tomooka & Maxted	$\phi$	22	Tomooka, 2002.
<i>Vigna trilobata</i> (L.) Verdc.	$\phi$	22	Goldblatt, 1978
<i>Vigna trinervia</i> (Heyne ex Wall.) Tateishi & Maxted	$\phi$	22	Tomooka, 2002.
<i>Vigna umbellata</i> (Roxb) Kurz.	$\phi$	22	Moore 1967-1971
<i>Vigna trilobata</i> Verdc.	$\phi$	22	Goldblatt, 1978

### Subgénero Lasiospron.

Espece	n	2n	Referencia
<i>Vigna lasiocarpa</i> (Mart. ex Benth.) Verdc	ϕ	20	Moore 1967-1971
<i>Vigna longifolia</i> (Benth.) Verdc.	ϕ	22	Moore 1967-1971

### Subgénero *Vigna*.

Espece	n	2n	Referencia
<i>Vigna heterophylla</i> Welw ex Baker	ϕ	20	Moore 1967-1971
<i>Vigna capensis</i> Walp	12	ϕ	Moore 1967-1971
<i>Vigna comosa</i> ssp. <i>abercornensis</i>	ϕ	22	Goldblatt, 1978
<i>Vigna comosa</i> var. <i>Comosa</i>	ϕ	22	Goldblatt, 1978
<i>Vigna fischeri</i> Harms	ϕ	22	Moore 1967-1971
<i>Vigna gracilis</i> (Guill. & Perr.) Hook.f.	ϕ	22	Moore 1967-1971
<i>Vigna heterophylla</i> A. Rich	ϕ	20	Moore 1967-1971
<i>Vigna hosei</i> (Craib) Backer	ϕ	20	Moore 1967-1971
<i>Vigna kinkii</i> (Baker) J.B. Gillett	ϕ	22	Goldblatt, 1978
<i>Vigna laurentii</i> De Wild.	ϕ	22	Moore 1967-1971
<i>Vigna luteola</i> (Jacq.) Benth.	ϕ	22	Moore 1967-1971; Goldblatt, 1978,1981,1983, 1985
<i>Vigna multinervis</i> Hutch. & Dalz.	ϕ	22	Moore 1967-1971
	ϕ		
<i>Vigna oblongifolia</i> A. Rich.	ϕ	22	Moore 1967-1971, Goldblatt, 1981
<i>Vigna oligosperma</i> Backer	ϕ	20	Moore 1967-1971
<i>Vigna parkeri</i> Baker	ϕ	22	Moore 1967
<i>Vigna parviflora</i> Welw. ex Bak.	ϕ	22	Moore 1967
<i>Vigna racemosa</i> (G. Don.) Hutch. & Dalz.	ϕ	22	Moore 1967
<i>Vigna reticulata</i> Hook. f.	ϕ	20	Moore 1967
* <i>Vigna sesquipedalis</i> (L.) Fruwirth	ϕ	22	Goldblatt, 1978, 1985
* <i>Vigna sinensis</i> (L.) Sain	11	22	Goldblatt, 1981, 1983, 1985, Goldblatt y Johnson, 1987
<i>Vigna unguiculata</i> var. <i>unguiculata</i>	ϕ	22	Moore 1967, Goldblatt, 1983, 1985; Goldblatt y Johnson, 1987
<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp var. <i>Catjang</i> (Burm) Fiori	ϕ	22	Moore 1967
<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp. var. <i>Sesquipedalis</i> (L.) Fiori	ϕ	22	Moore 1967
<i>Vigna unguiculata</i> ssp. <i>cylíndrica</i> Verdc.	ϕ	22	Goldblatt, 1978
<i>Vigna unguiculata</i> ssp. <i>menensis</i>	ϕ	22	Goldblatt, 1978
<i>Vigna venulosa</i> Bak.	ϕ	22	Moore 1967
<i>Vigna wittei</i> Bak. F.	ϕ	20	Moore 1967

### Subgénero Sigmoidotropis.

Espece	<i>n</i>	<i>2n</i>	Referencia
<i>Vigna adenantha</i> (G.F. Mey) Maréchal	ϕ	22	Moore 1967 y en Goldblatt, 1978
<i>Vigna candida</i> (Vellozo) Maréchal	ϕ	18	Goldblatt y Johnson, 1987
<i>Vigna caracalla</i> L.	ϕ	22	Goldblatt, 1978

\* Sinonimias de *Vigna unguiculata*.

## MATERIAL Y METODOS.

### Mitosis.

#### a) Pre-tratamiento.

- Se tomaron de 10 a 20 semillas de cada especie y se escarificaron con una lija de agua, posteriormente se indujo su germinación en cajas de petri que contenían una capa de algodón y papel filtro humedecido con agua destilada, se dejaron en una estufa a 30° C en la oscuridad.
- Una vez que las semillas germinaron y la raíz alcanzó una longitud de 1 a 3 centímetros se cortó y pre-trató con el mitostático 8-hidroxiquinoleína 0.002M durante 5 horas en la oscuridad y a una temperatura ambiente (19°± 1 aproximadamente).

#### b) Fijación.

- Posterior al tratamiento con 8-hidroxiquinoleína las raíces se lavaron y se fijaron en solución Farmer (3:1 alcohol etílico absoluto-ácido acético glacial) durante una hora como mínimo.

**c) Hidrólisis.**

- Las raíces pre-tratadas y fijadas se lavaron con agua destilada y se expusieron en ácido clorhídrico 1 N a 60°C durante 15 minutos.

**d) Tinción.**

- Posteriormente las raíces se colocaron en solución Feulgen elaborada a base de fucsina básica en oscuridad durante una hora

**e) Preparaciones permanentes.**

- Una vez que los meristemos presentaron una coloración rosada se realizaron cortes de meristemo de raíz sobre un portaobjetos.
- Al corte se agregó una gota de acetorceína 1% y se cubrió con el cubreobjetos.
- Se aplicó un ligero golpeteo para separar las células y después observarlas al microscopio.
- A las preparaciones que presentaron cromosomas metafásicos se les realizó un aplastamiento (squash) para lograr la máxima separación de estos y observarlos en un solo plano.
- Las preparaciones con mejores campos se hicieron permanentes sumergiéndolas en nitrógeno líquido y en caso de no haber éste se les mantuvo en congelación durante una semana.
- Se separó cuidadosamente el cubreobjetos del portaobjetos y ambos se enjuagaron con alcohol etílico absoluto y se dejaron secar.

- Se agregó una gota de bálsamo de Canadá y se colocó nuevamente el cubreobjetos, dejando secar la preparación en una estufa a 50°C durante una o dos semanas.

### **Resultados.**

El número cromosómico registrado para estas dos especies es de  $2n = 22$  (Fig. 13 y 14), no presentándose células con aneuploidía o euploidía; en el caso de células meióticas no se pudieron observar cromosomas.



**Fig. 13. Cromosomas *Vigna adenantha*.**

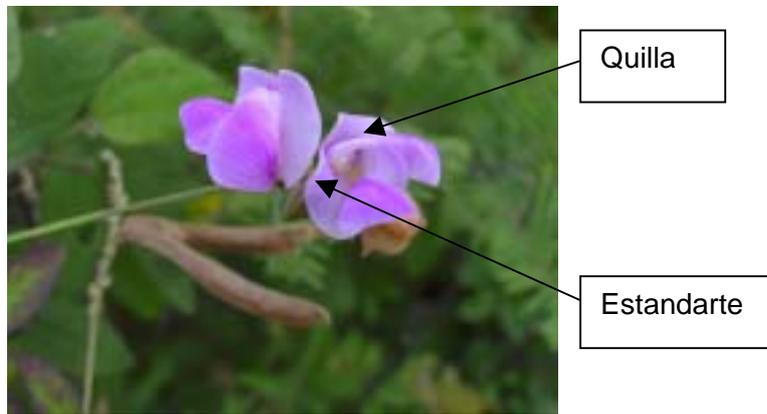


**Fig. 14. Cromosomas *Vigna gentryi*.**

## **OBSERVACIONES EN FLORES.**

### **QUILLA.**

Es importante mencionar que la posición de la quilla no había sido observada antes como carácter taxonómico y que esta característica resulta trascendental para la identificación de estas dos especies, ya que, en *Vigna adenantha* la quilla se apoya sobre el ala derecha (Fig.16) en cambio en *Vigna gentryi* se mantiene erguida dirigiéndose hacia el centro del estandarte (Fig. 15). Esto ya no se puede observar en las flores fijadas en el campo, ni en la los ejemplares de herbario, por que pierden su forma al ser almacenadas muy apretadas, pero esto se verificó en las flores que se observaron en invernadero.



**Fig. 15. *Vigna gentryi* quilla enroscada hacia el centro del estandarte.**



**Fig. 16. *Vigna adenantha* quilla apoyada sobre el ala derecha.**

## **OBSERVACIONES EN FLORES.**

### **ESTILO Y ESTIGMA.**

La brocha polínica en la subfamilia Papilionoideae ha sido usada como un marcador taxonómico, debido a que su presencia puede relacionarse con otros caracteres diagnósticos; por ejemplo, en la tribu Phaseoleae, subtribu Phaseolineae, el género *Pachyrhizus* fue incluido dentro de la subtribu por la presencia de un estilo pubescente, pero más tarde fue excluido de la tribu porque no presentaba brocha polínica (Bentham, 1837, 1865 y Lackey, 1977 citados en Lavin y Delgado, 1990).

#### **Justificación.**

Existe un trabajo de la descripción del estigma de *Vigna adenantha* (Castro y Agullo, 1998), en el cual se anotan las características anatómicas y los cambios estructurales y ultraestructurales de la superficie del estigma, antes de la anthesis y después de la polinización. En este estudio, se presentan también las diferentes composiciones químicas de las secreciones de la superficie estigmática.

Aún cuando el trabajo de Castro y Agullo (1998) no es el primer estudio realizado en este sentido, debido a que, existen otros como es el de Maréchal *et al.* (1981) y el de Gosh y Shivanna (1980), si es el primero en enfocarse solamente a esta especie y a la importancia que pueden tener las diferentes secreciones del estigma en su interacción con el polen.

#### **Objetivo.**

Realizar comparaciones entre los estilos y estigmas de las dos especies y encontrar de ser posible, diferencias entre ellos.

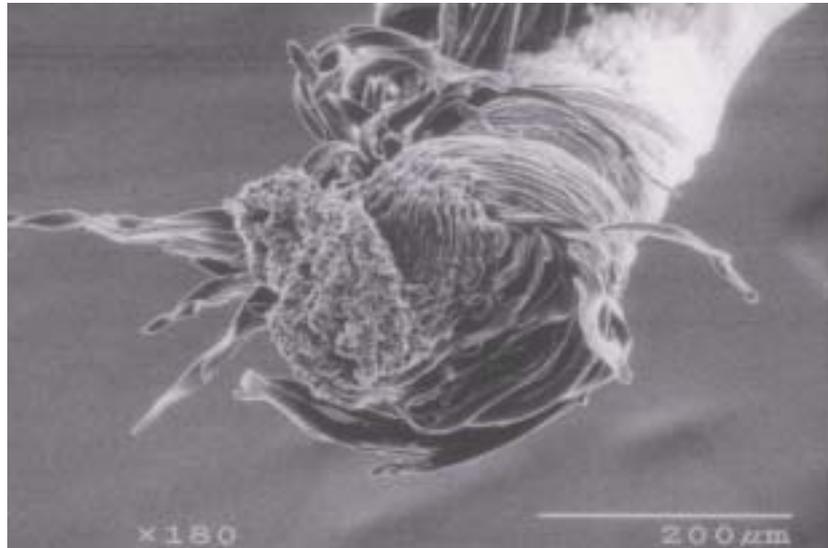
## **Material y métodos.**

- Se realizaron disecciones en 10 flores de cada especie separando el estilo y estigma.
- Se sometieron a deshidratación con alcoholes graduados al 30, 40, 50, 70, 80 y 96%, para finalizar con alcohol etílico absoluto.
- Más adelante se llevó a cabo un secado a punto crítico.
- Montándose más tarde y cubriéndose con oro-paladio.
- Se realizaron las observaciones en Microscopio Electrónico de Barrido del Instituto de Biología, UNAM.

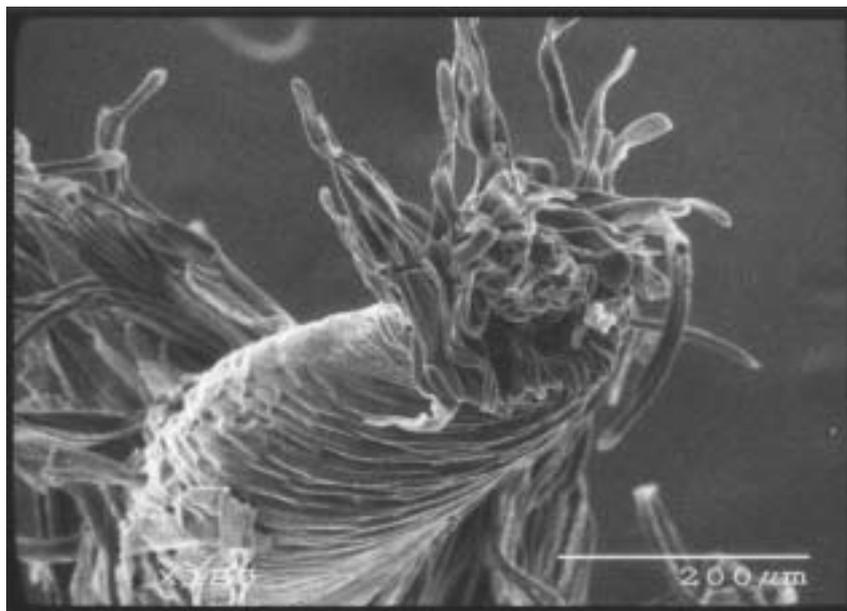
## **Resultados.**

En ambas especies el ovario es densamente piloso (Fig. 19) y el estilo se engrosa hacia el ápice donde se presenta una brocha polínica; el estigma puede ser considerado como subterminal o terminal de acuerdo a como se describa el estilo. Es subterminal, si se define como estilo la porción que rodea parte del estigma, o terminal si se describe como estilo a la región que se encuentra inmediatamente antes de la corona de cilios (Fig. 17 y 18).

De igual forma en ambas especies, el estigma tiene una forma esférica con una espiral de cilios parcialmente alrededor de él (Fig.17 y 18); a lo largo del estilo se describen dos espirales aproximadamente (Fig. 20 y 21), ya que puede ser de un giro y medio; sólo se pudo observar en *Vigna adenantha* que en la porción final presenta un giro o rotación sobre su eje (Fig. 22).



**Fig. 17 Estigma terminal o subterminal de forma esférica (*Vigna adenantha*).**



**Fig. 18 Estigma terminal o subterminal de forma esférica (*Vigna gentryi*).**

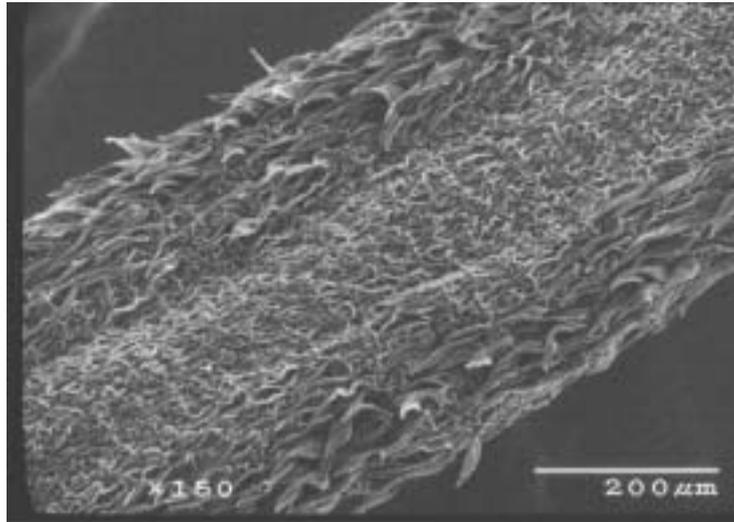


Fig. 19 Ovario densamente piloso.



Fig. 20. Espiral en estilo de *Vigna adenantha*.

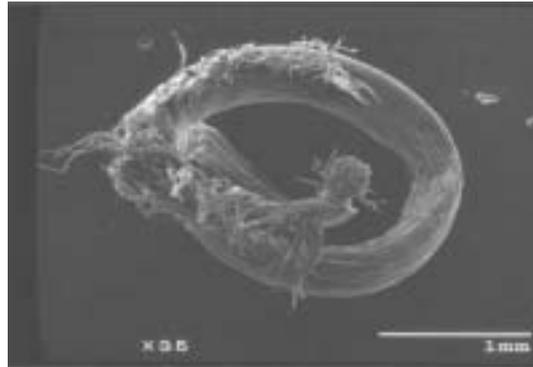


Fig. 21 Espiral en estilo de *Vigna gentryi*.

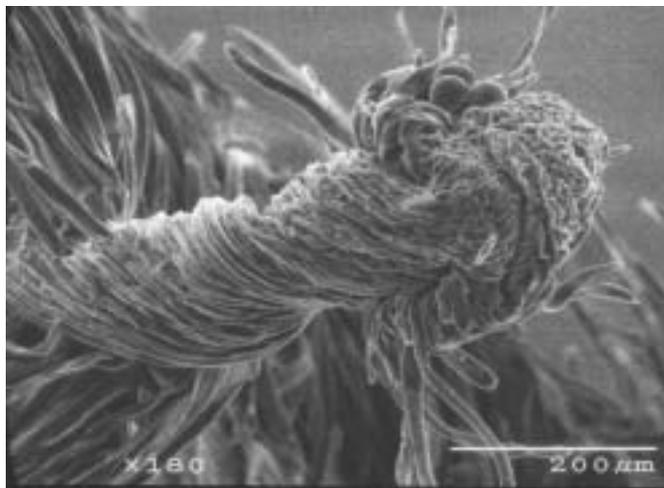


Fig. 22 Rotación del estilo sobre su propio eje en *Vigna adenantha*.

**Parte 2. MÉTODOS FENÉTICOS**  
**EN CARACTERES**  
**MORFOLÓGICOS.**



Imagen tomada de: [www.alectouk.com/BANKS/im060016.htm](http://www.alectouk.com/BANKS/im060016.htm)

## **INTRODUCCIÓN.**

La taxonomía numérica realiza agrupamientos por métodos de unidades numéricas dentro de taxa con base en los estados de carácter, esta técnica incluye la fenética numérica y métodos numéricos filogenéticos (Sneath y Sokal, 1973).

La fenética fue descrita como el uso de patrones de similitud fenotípica entre organismos y se basa en la igualdad o diferencia de todos los caracteres disponibles sin considerar los eventos evolutivos; esto produce la similitud observada *a priori* para la estimación de relaciones y la formación de la clasificación (Sneath y Sokal, 1973).

La fenética numérica consiste en cuatro etapas:

1. Selección de organismos a estudiar o unidades taxonómicas operativas (OTU's).
2. Descripción de los caracteres como base para la comparación y la estimación de similitud dentro y entre OTU's.
3. El resumen y examen de la estructura taxonómica
4. La comparación y cambio de clasificaciones.

Los caracteres utilizados en fenética numérica son inicialmente considerados de igual peso (Sneath y Sokal, 1973).

### **Justificación.**

Dentro de la gran cantidad de técnicas de análisis de matrices las más utilizadas son: el análisis de agrupamientos o conglomerados y los métodos de ordenación como componentes principales (PCA) y de discriminantes (Crisci, 1983).

El **análisis de conglomerados** es utilizado para procesar series de datos y obtener una separación de los OTU's, pudiendo ser los taxa de

cualquier nivel taxonómico o variables dentro de los conglomerados; estos son más similares dentro que entre grupos, los resultados de este procedimiento son presentados gráficamente en un dendograma al cual se le conoce como fenograma (Sneath y Sokal, 1973).

Los métodos de ordenación a diferencia del análisis de Conglomerados, no trazan límites en el espacio que separan a los grupos, las relaciones entre los OTU's están reflejadas en la posición en que se disponen en ese espacio. Cuanto más cerca se encuentren entre sí dos OTU's, estos se encuentran más estrechamente relacionadas en cuanto a su semejanza; estos métodos reducen, sin gran pérdida de información, el número de dimensiones y de esta forma facilitan la representación de las OTU's y sus relaciones en función de los caracteres empleados (Crisci, 1983).

El **Análisis de Componentes Principales (PCA)** es un método de ordenación en el que se indica la distribución relativa de los OTU's en los ejes de mayor variación de datos, es ampliamente usado como una técnica para reducir la dimensionalidad de un problema; da como resultado un resumen de pocas dimensiones con un mínimo de pérdida de información.

El **análisis de discriminantes** se utiliza para un conjunto que contenga variables cuantitativas y una variable de clasificación que defina a los grupos de observaciones, se calcula una función discriminante para clasificar cada observación dentro de uno de los grupos, la distribución dentro de los grupos debe ser aproximadamente normal multivariada, en este estudio se utilizó para corroborar la clasificación lograda mediante el PCA.

## **Objetivo.**

Entender la variación existente entre las dos especies y dado que, aparentemente la diferencia principal entre ellas son sus dimensiones se pretende encontrar los patrones de variación dentro y entre las especies.

### **1. Material y métodos en material de herbario.**

- Se hizo un estudio de la variación del complejo con base en ejemplares de herbario depositados en el Herbario Nacional (MEXU) y en el herbario del Instituto de Ecología AC. en Jalapa (XAL), haciendo la medición y observación de caracteres en los ejemplares más completos de los estados de Guerrero (gue), Jalisco (jal), Michoacán (mich), Nayarit (nay), Oaxaca (oax), Puebla (pue), San Luis Potosí (slp) y Veracruz (ver). Después de comparar los caracteres considerados tanto en estudios fenéticos del complejo *Phaseolus – Vigna* (Maréchal *et al.*, 1978), como en estudios taxonómicos (McVaugh, 1987; Piper, 1926) y revisando los ejemplares se obtuvo la siguiente lista de caracteres para evaluar la variación (cuadro 2) y la comparación de esta variación entre las diferentes muestras.
- Todas las mediciones se hicieron en milímetros y los caracteres que no presentaban variación, es decir que eran repetitivos en más del 50% de los datos en las OTU's se eliminaron (caracteres marcados en la lista con un asterisco); los parámetros para la elección de las estructuras a medir fueron dados por la madurez de la estructura.
- Después de la elección del material de estudio se construyó la matriz básica de datos (MBD) (apéndice 1) en una hoja de Excell 98, teniendo en las hileras los caracteres y en las columnas los OTU's (ejemplares medidos cuyos

datos aparecen en el apéndice 4, ya que en la MBD sólo se marca el estado del cual provienen) y posteriormente esta información se transportó al programa estadístico NTSYSpc 2.1 para poder realizar los análisis de conglomerados y de PCA (componentes principales) y al programa SPSS 2.0 para el análisis de discriminantes.

- La estandarización de los datos se hizo por hileras, ya que, es en este sentido en el que se ubican las mediciones usando las opciones ybar y std para sustracción y división respectivamente.
- Se realizó un análisis de conglomerados para evaluar el parecido de los ejemplares de estudio, usando coeficiente de correlación y el método UPGMA, que, en este caso son los métodos que nos indican la mayor asociación entre OTU's y el fenograma conserva el espacio original (no se modifica como en "complete linkage" o "single linkage").
- Se hizo un análisis de componentes principales para analizar los patrones de variación entre los caracteres cuantitativos y cualitativos; se escogió este método de análisis sobre PCO debido a que la mayor parte de los caracteres son cuantitativos continuos (32 contra sólo 11 binarios).
- Por último, se llevó a cabo un análisis de discriminantes para identificar los límites entre las especies con base en sus variables características, utilizando la transposición de la MBD utilizada para los análisis de conglomerados y de componentes principales, transportándola al programa SPSS 2.0 y realizando el análisis de discriminantes, remplazando los valores faltantes con las medias de la serie.

**Cuadro 2. Caracteres a evaluar en el estudio fenético en material de herbario.**

1. Hábito: rastrero(1) enredadera (2) bejuco(3)
2. Altitud (msnm)
3. Diámetro del tallo
4. Longitud de los entrenudos (en hojas maduras)
5. Tallos: con tricomas (1) sin tricomas (0) *
6. Tipo de tricomas: fibroso(0) puntiagudo(1) los dos (2)
7. Longitud del pecíolo
8. Grado de pubescencia del pecíolo: glabro (0) pubescente(1)
9. Tipo de tricomas: fibroso(0) puntiagudo(1) los dos (2)
10. Longitud del raquis
11. Grado de pubescencia del raquis: glabro(0) pubescente (1)
12. Largo del folíolo terminal
13. Ancho del folíolo terminal
14. Forma de la base de los folíolos: redondeada (0) cuneiforme (1)
15. Folíolos: con tricomas (1) sin tricomas (0) en su periferia
16. Tipo de tricomas: fibroso(0) puntiagudo(1) los dos (2) *
17. Estípulas: caducas (0) persistentes(1) *
18. Largo de las estípulas
19. Ancho de las estípulas
20. Estípulas con tricomas: (1) sin tricomas (0)
21. Estipelas: caducas (0) persistentes (1) *
22. Longitud de las estipelas
23. Longitud del peciolulo del folíolo terminal
24. Peciolulo: con tricomas (1) sin tricomas (0) *
25. Longitud del pedúnculo de la inflorescencia
26. Pedúnculo: con tricomas (1) sin tricomas (0)
27. Tipo de tricomas: fibroso(0) puntiagudo(1) los dos (2)
28. Longitud del raquis de la inflorescencia
29. Grado de pubescencia del raquis de la inflorescencia: glabro(0) pubescente (1) *
30. Tipo de tricomas: fibroso(0) puntiagudo(1) los dos (2) *
31. Número de nudos
32. Longitud del primer entrenudo
33. Longitud del segundo entrenudo
34. Bractéolas: caducas(0) persistentes (1)
35. Largo de las bractéolas
36. Ancho de las bractéolas
37. Longitud del pedicelo
38. Largo del cáliz
39. Ancho del cáliz
40. Longitud de los dientes laterales
41. Largo de las alas
42. Ancho de las alas
43. Largo de la quilla
44. Ancho de la quilla
45. Número de frutos
46. Nudo en el que se presenta el 1 fruto
47. Nudo en el que se presenta el 2 fruto
48. Largo de la vaina
49. Ancho de la vaina
50. Grosor de la vaina *
51. Número de semillas por vaina

## RESULTADOS.

El fenograma obtenido por correlación y UPGMA (Fig. 23) corresponde con las agrupaciones obtenidas por el análisis de componentes principales. En ambos análisis notamos que existen dos grandes grupos.

En el fenograma cuyo coeficiente cofenético fue de  $r= 0.757$ , observamos que el grupo que tiene mayor similitud es el de la región inferior, dicha agrupación corresponde a ejemplares identificados como *Vigna adenantha*.

En la región superior se observan ejemplares mezclados de las dos especies, pero, notamos que en este grupo se encuentran los ejemplares de mayor parecido entre sí que corresponden a *gue10* y *mich2* ambos identificados como *Vigna gentryi* y que forman un subgrupo con los ejemplares, *oax18*, *oax19* y *ver2* de éstos, el único no identificado como *Vigna gentryi* es *ver2*. Al consultar la MBD se confirma que estos, y el resto de los ejemplares que forman este grupo son los que tienen las menores dimensiones por lo que se considero a éste grupo de ejemplares como *Vigna gentryi* apreciando también que la distribución de esta especie se amplia también a este estado.

Del mismo modo, en la gráfica obtenida por el método de componentes principales (Fig. 24) observamos que en el primer componente se forman dos grupos (derecha e izquierda), que corresponden totalmente a los formados por el análisis de conglomerados.

El grupo de la izquierda integra a los ejemplares que presentaron menores dimensiones en los caracteres de diámetro del tallo, ancho de las estípulas, longitud del primer entrenudo, ancho del cáliz, largo de las alas, largo y ancho de la quilla y largo de la vaina y que en el fenograma de

conglomerados corresponde al grupo de la región superior, las relaciones existentes entre los ejemplares son difíciles de interpretar en esta gráfica, pero si pasamos al grupo de la derecha que en el fenograma correspondería al grupo de la región inferior y que la gráfica nos indica que es el de mayores dimensiones en las estructuras ya mencionadas, vemos que las relaciones entre los OTU's se corresponden a las del fenograma, y que sólo *jal1* con *jal2* y *nay4* con *oax7* no se corresponden.

Este primer componente da una explicación de la variación de un 34.12%, por lo que se complementa con la explicación dada por el segundo componente, el cual muestra 4 agrupaciones, la de la región superior izquierda corresponde a especies de talla pequeña, pero, mayor a la de la región inferior izquierda en cuanto al largo de las bractéolas y que presentan pecíolo y raquis pubescentes, en esta región es difícil distinguir las relaciones entre OTU's ya que están muy aglomerados.

La región inferior izquierda está formada por *nay5*, *oax5* y *jal2*, que son los OTU's de menores dimensiones en cuanto a lo largo de las bractéolas y con pecíolo y raquis glabro, la de la región superior derecha corresponde a los OTU's de mayores dimensiones y con estructuras pubescentes y agrupa a los ejemplares: *slp1*, *nay7*, *gue5*, *pue2*, *jal7*, *ver3*, *oax1*, *ver1*, *oax11*, *oax8*, *nay6*, *oax9* y *oax4*.



R=0.75

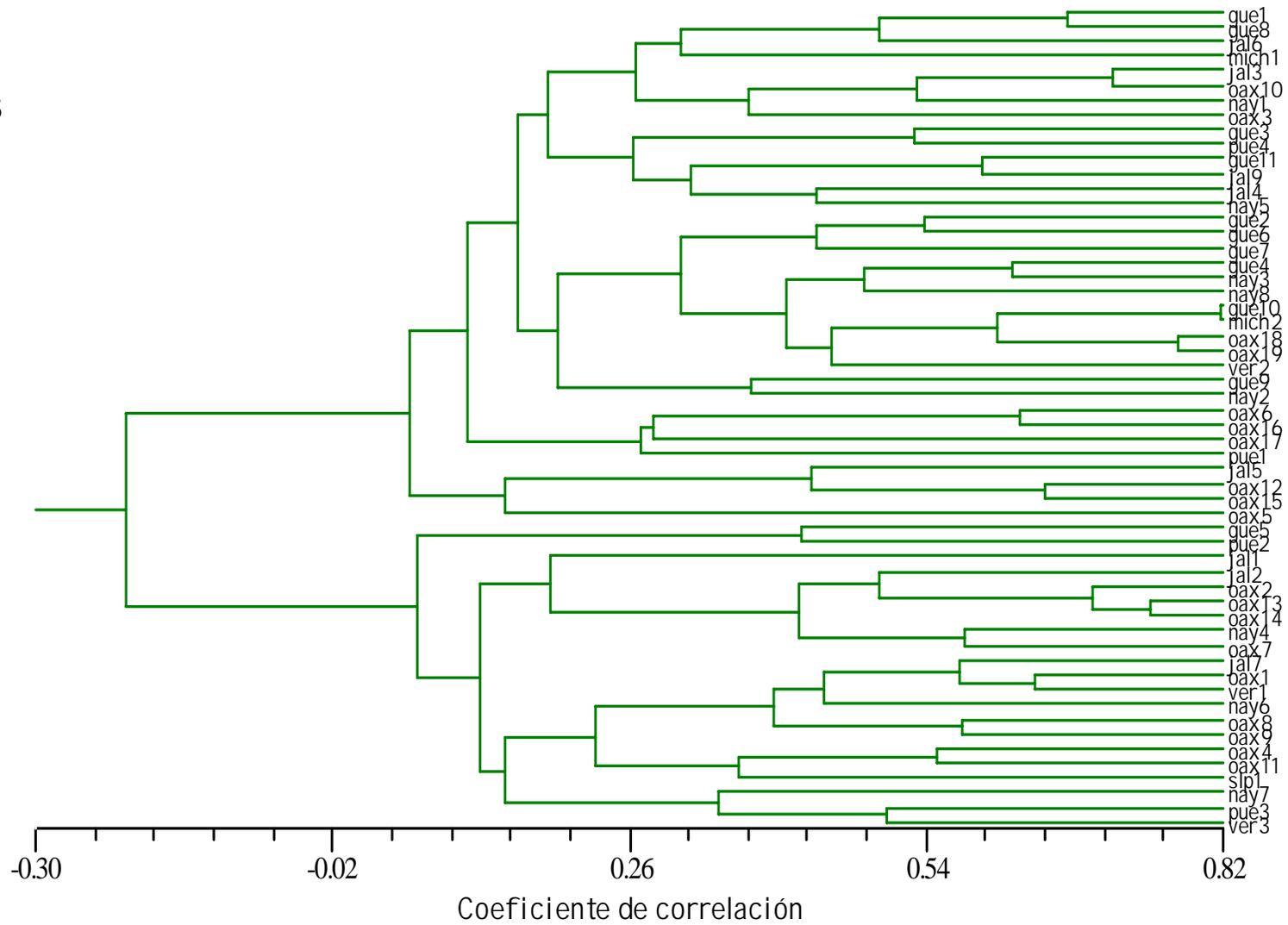


Fig. 23. Fenograma obtenido por coeficiente de correlación y UPGMA (Codificación de ejemplares apéndice 3)

En la región inferior derecha tenemos a ejemplares con dimensiones grandes pero no tanto como los de la región superior del mismo lado y con estructuras glabras, corresponden a este grupo los ejemplares: *pue3*, *nay4*, *jal1*, *oax2*, *oax14*, *oax13* y *oax7*, este segundo componente da un 9.37% de la variación explicada y un 43.49% de la variación acumulada.

El tercer componente da un 6.75% de la variación explicada y un 50.24% de la variación acumulada, produjo la gráfica (Fig.25), pero, las relaciones entre los OTU's son muy difíciles de ver, lo que sí se puede decir es que las agrupaciones que se forman son dadas por el tipo de tricomas en el pecíolo, la longitud del pedúnculo de la inflorescencia, y sí el pedúnculo es glabro o pubescente, aunado al nudo en el que se presenta el 2<sup>o</sup> fruto.

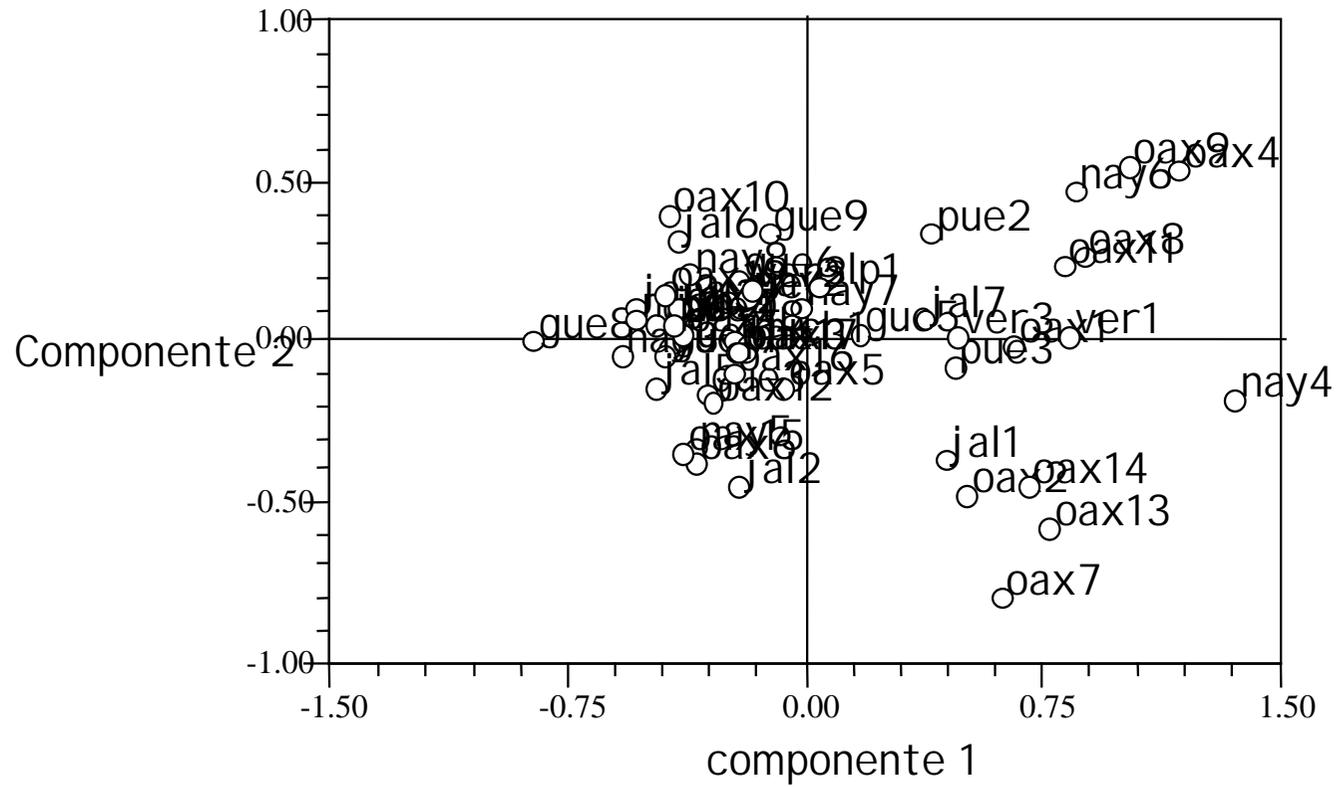


Fig 24. Gráfica de componentes principales.



El análisis de discriminantes refuerza los resultados obtenidos con estos dos análisis, ya que las agrupaciones presentadas por estos tienen un 91.1% de casos correctamente clasificados en el análisis de discriminantes, siendo los caracteres más significativos para esta clasificación (en orden de importancia y con coeficiente de función discriminante estandarizado): ancho de las estípulas, largo del cáliz, largo de las alas, longitud del segundo entrenudo, longitud del pedicelo de la flor, y diámetro del tallo y con coeficiente de función discriminante no estandarizada: ancho de las estípulas, diámetro del tallo, largo del cáliz y longitud del pedicelo de la flor.

De los 38 ejemplares clasificados como especie 1 (*Vigna gentryi*), sólo dos fueron clasificados como la otra especie y de los 18 ejemplares identificados como especie 2 (*Vigna adenantha*), 3 fueron mal clasificados. La lambda de Wilks' fue de 0.178, es decir, que las medias del grupo son diferentes o en otras palabras que hay gran variación entre los dos grupos.

## VARIACIÓN FOLIAR.

### **Justificación.**

Después de las observaciones hechas en campo con respecto a la variación morfológica de las hojas, se hicieron observaciones en los ejemplares que se conservaban en invernadero para verificar que esto mismo ocurriera, y para ver el grado de similitud o diferencia entre las diferentes muestras foliares se realizó un análisis de conglomerados, a pesar de sólo tener material de una especie se creyó conveniente evaluar el grado de variación foliar en ésta especie.

### **Objetivo.**

Observar las formas foliares que se presentan en los ejemplares de herbario y en el material colectado en campo y confirmar que la variación foliar se conserva también en los ejemplares de invernadero, realizando un análisis de conglomerados.

### **Material y métodos.**

Para el análisis de conglomerados se construyó una matriz básica de datos en una hoja de Excell 98 (apéndice 2), teniendo en las hileras los caracteres y en las columnas los OTU's y posteriormente esta información se transportó al programa estadístico NTSYSpc 2.1 para poder realizar los análisis.

La estandarización de los datos se hizo por hileras, ya que es en este sentido en el que se ubican las mediciones usando las opciones *ybar* y *std* para sustracción y división respectivamente.

Se realizó un análisis de conglomerados para evaluar el parecido de los ejemplares de estudio, usando distancia promedio y el método UPGMA

que en este caso son los métodos que nos indican la mayor asociación entre OTU's.

### **Resultados.**

De las observaciones hechas en ejemplares de herbario y en las hojas colectadas del material conservado *in vivo* en invernadero se obtuvo la variación foliar que se muestra en la Fig. 26.

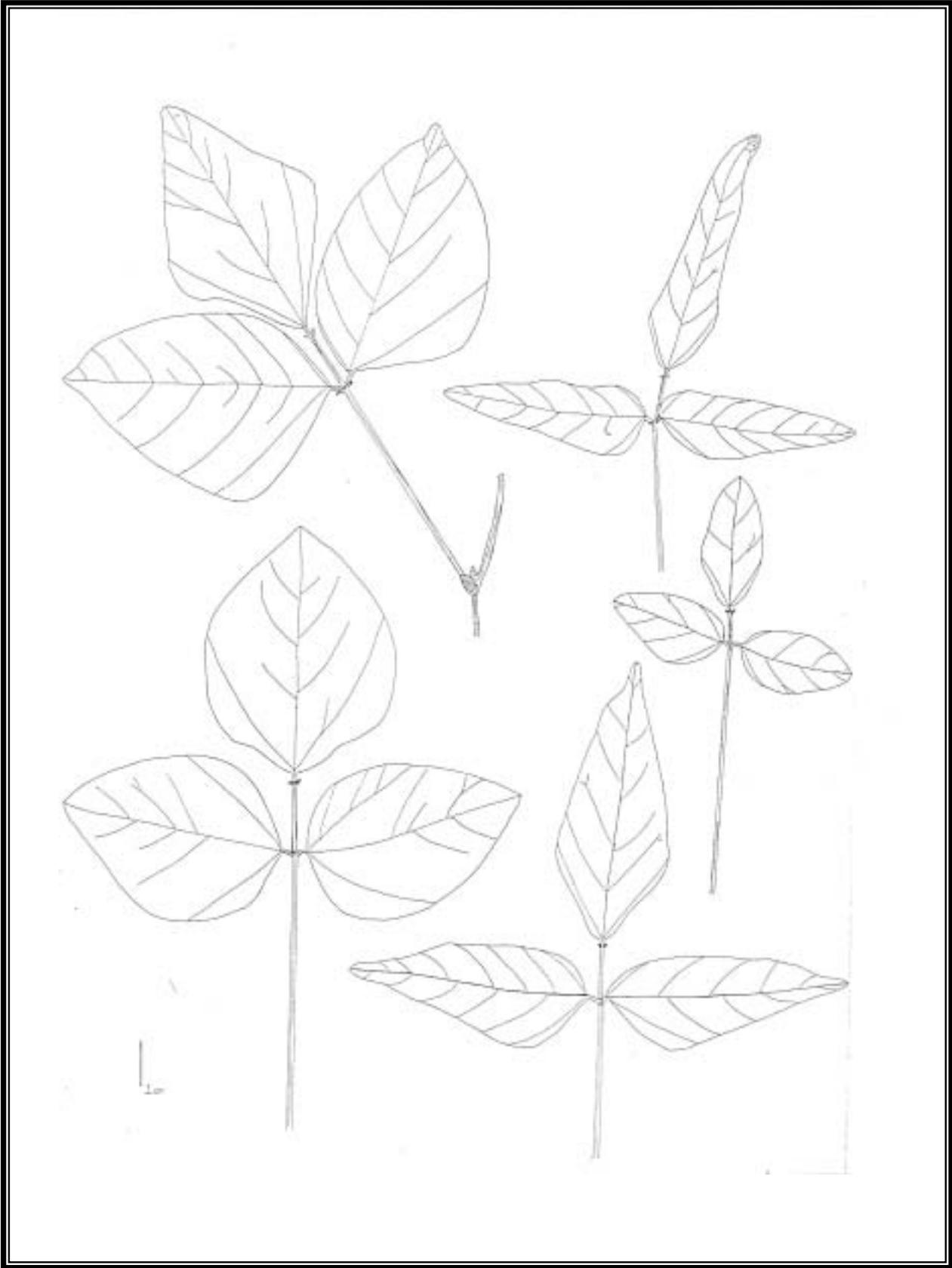
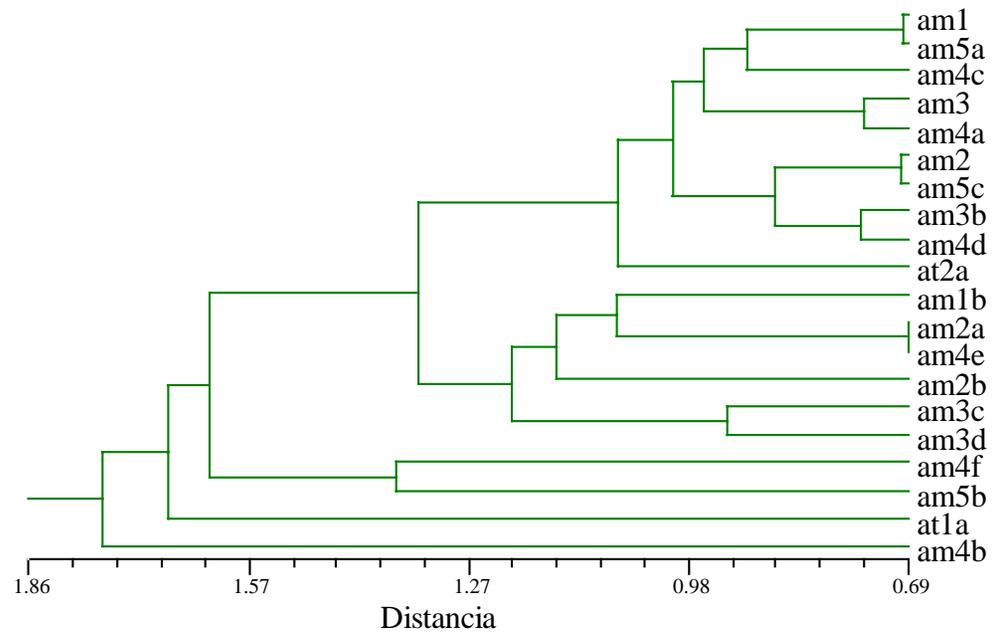


Fig. 26. Variación foliar en el complejo *V. adenantha*.

Es importante recalcar que estas formas son las que se observaron en los ejemplares de herbario y de invernadero pero que probablemente no sean las únicas, ya que pueden existir otras intermedias.

El fenograma obtenido por distancia promedio y UPGMA (Fig. 27) para las hojas de los ejemplares mantenidos en invernadero muestra que no hay ninguna agrupación, lo cual es lógico ya que las mediciones se hicieron sólo en ejemplares de la especie *Vigna adenantha*, ya que de la especie *Vigna gentryi* sólo sobrevivió un ejemplar y con pocas hojas lo cual era una desventaja ya que si se tomaban las pocas que tiene podría afectarse a la planta, y las hojas de las plantas que se tienen de las plántulas aún no se tomaron.

Lo que se puede concluir con este fenograma cuyo coeficiente cofenético es  $r = 0.71585$ , es que la especie *Vigna adenantha* tiene una gran variación en cuanto a tamaño y forma de las hojas, dicha variación puede deberse a múltiples factores como son, posición dentro de la planta, nivel de iluminación y grado de maduración.



**Fig. 27. Fenograma comparando la diversidad de formas de hojas de los ejemplares mantenidos en invernadero.  
(La codificación de cada ejemplar se encuentra en el apéndice 2)**

## FLORES.

### **Material y métodos con material colectado en campo.**

- El estudio de la variación del complejo, se complementó con mediciones realizadas en flores de ejemplares colectados en campo, las mediciones se basaron en los caracteres que resultaron importantes para la distinción de las dos especies en el análisis fenético (cuadro3), realizado en los ejemplares de herbario, obteniendo así la siguiente lista de caracteres:

**Cuadro 3. Caracteres a evaluar en el estudio fenético de material colectado en campo**

Largo de las bractéolas
Ancho de las bractéolas
Longitud del pedicelo
Largo del cáliz
Ancho del cáliz
Largo de las alas
Ancho de las alas
Largo de la quilla
Ancho de la quilla

Todas las mediciones se hicieron en milímetros y los parámetros para la elección de las estructuras fueron dados por la madurez de la estructura.

- Después de la elección de las estructuras a estudiar se construyó la matriz básica de datos en una hoja de Excell 98 (apéndice 3), teniendo en las hileras los caracteres y en las columnas los OTU's y posteriormente esta información se transportó al programa estadístico NTSYSpc 2.1 para poder realizar los análisis de conglomerados y de PCA (componentes principales) y al programa SPSS 2.0 para el análisis de discriminantes.
- La estandarización de los datos se hizo por hileras ya que es en este sentido en el que se ubican las mediciones usando las opciones *ybar* y *std* para sustracción y división respectivamente, tal como se realizó en el análisis con ejemplares de herbario.

- Se realizó un análisis de conglomerados para evaluar el parecido de los ejemplares de estudio, usando distancia euclidiana y el método UPGMA que en este caso son los métodos que nos indican la mayor asociación entre OTU's.
- Se hizo un análisis de componentes principales para analizar los patrones de variación entre los caracteres cuantitativos y cualitativos; se decidió seguir utilizando este método para homogenizar con los análisis hechos anteriormente con los ejemplares de herbario.
- Por último, se llevó a cabo un análisis de discriminantes para identificar los límites entre las especies con base en sus variables características, utilizando la transposición de la MBD utilizada para los análisis de conglomerados y de componentes principales, transportándola al programa SPSS 2.0 y realizando el análisis de discriminantes, reemplazando a su vez los valores faltantes con las medias de la serie.

## **RESULTADOS.**

El fenograma obtenido por distancia euclidiana y UPGMA (Fig. 28) de las flores colectadas en campo muestra claramente dos grupos y estos se corresponden con las especies reconocidas como *Vigna adenantha* (región inferior) y *Vigna gentryi* (región superior), y aunque el tamaño de muestra es mayor en *Vigna adenantha* se puede observar en este fenograma cuyo coeficiente cofenético es de  $r = 0.86304$ , que ambas especies presentan gran variación en los tamaños de sus flores.

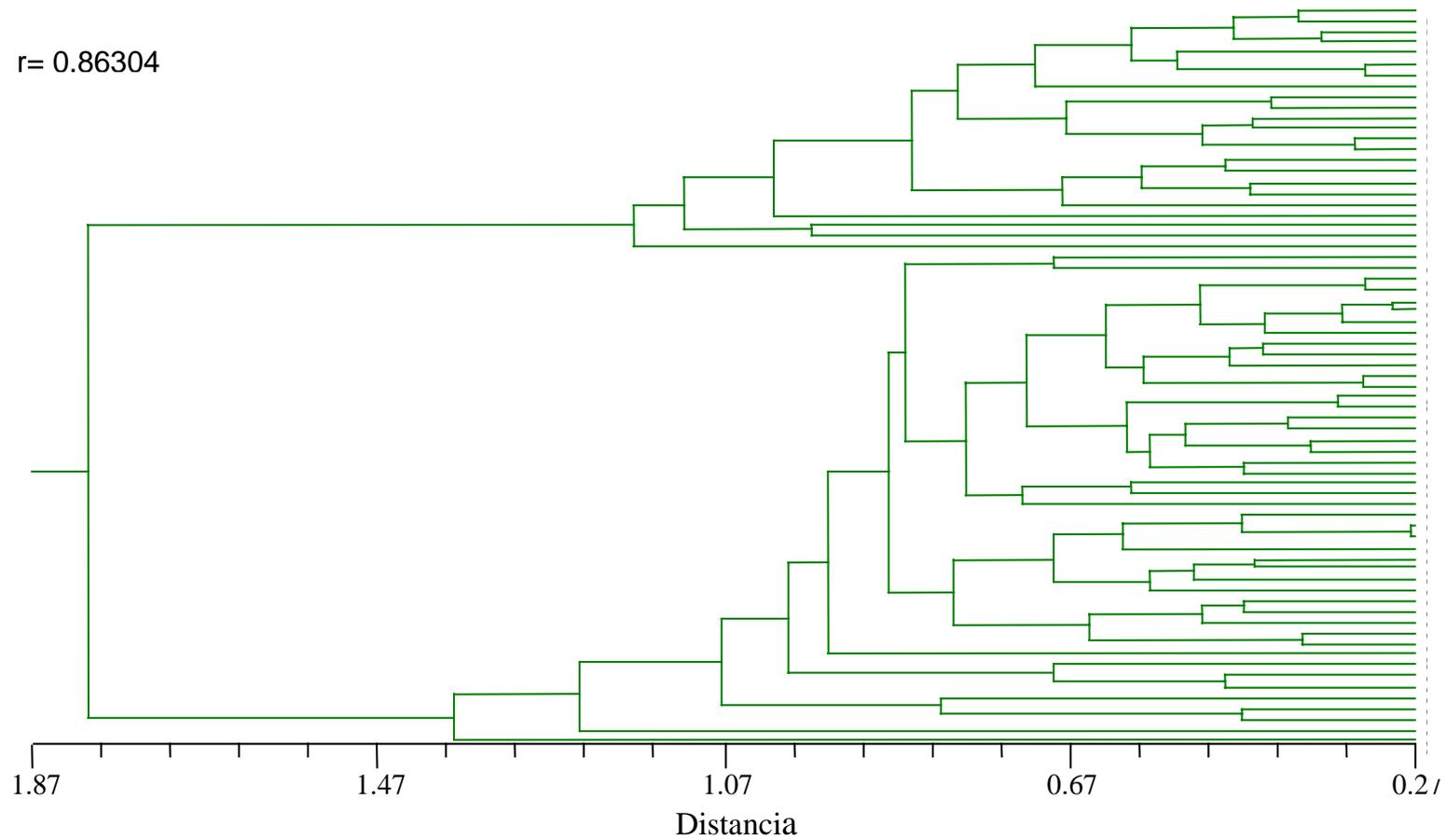
Los parámetros para distinguir una especie de la otra son como se presenta en el cuadro 4: largo y ancho de las alas y largo y ancho de la quilla; siendo estos:

**Cuadro 4. Diferencias entre flores de *Vigna adenantha* y *Vigna gentryi*.**

	<i>Vigna adenantha</i>	<i>Vigna gentryi</i>
Largo de las alas	27.69-35.5 mm	16.27-24.7mm
Ancho de las alas	9.85-25.47mm	8.33-14.97mm
Largo de la quilla	22.15-27.83mm	13.69-18.94mm
Ancho de la quilla	6.22-12.28mm	5.01-8.85mm

En la gráfica (Fig. 29) obtenida por el método de componentes principales observamos que en el primer componente se forman dos grupos, que corresponden totalmente a los formados por conglomerados, el grupo de la izquierda integra a los ejemplares que presentaron menores dimensiones en los caracteres de largo del cáliz, ancho del cáliz, largo de los dientes laterales, largo y ancho de las alas y largo y ancho de la quilla y que en el fenograma de conglomerados corresponde al grupo de la región superior, es decir a *Vigna gentryi*. Las relaciones existentes entre los ejemplares analizados representados en esta gráfica son de difícil interpretación.

$r = 0.86304$



**Fig. 28. Fenograma obtenido por coeficiente de correlación y UPGMA**  
Nota: El listado por orden de alineación se presenta en el apéndice 4.

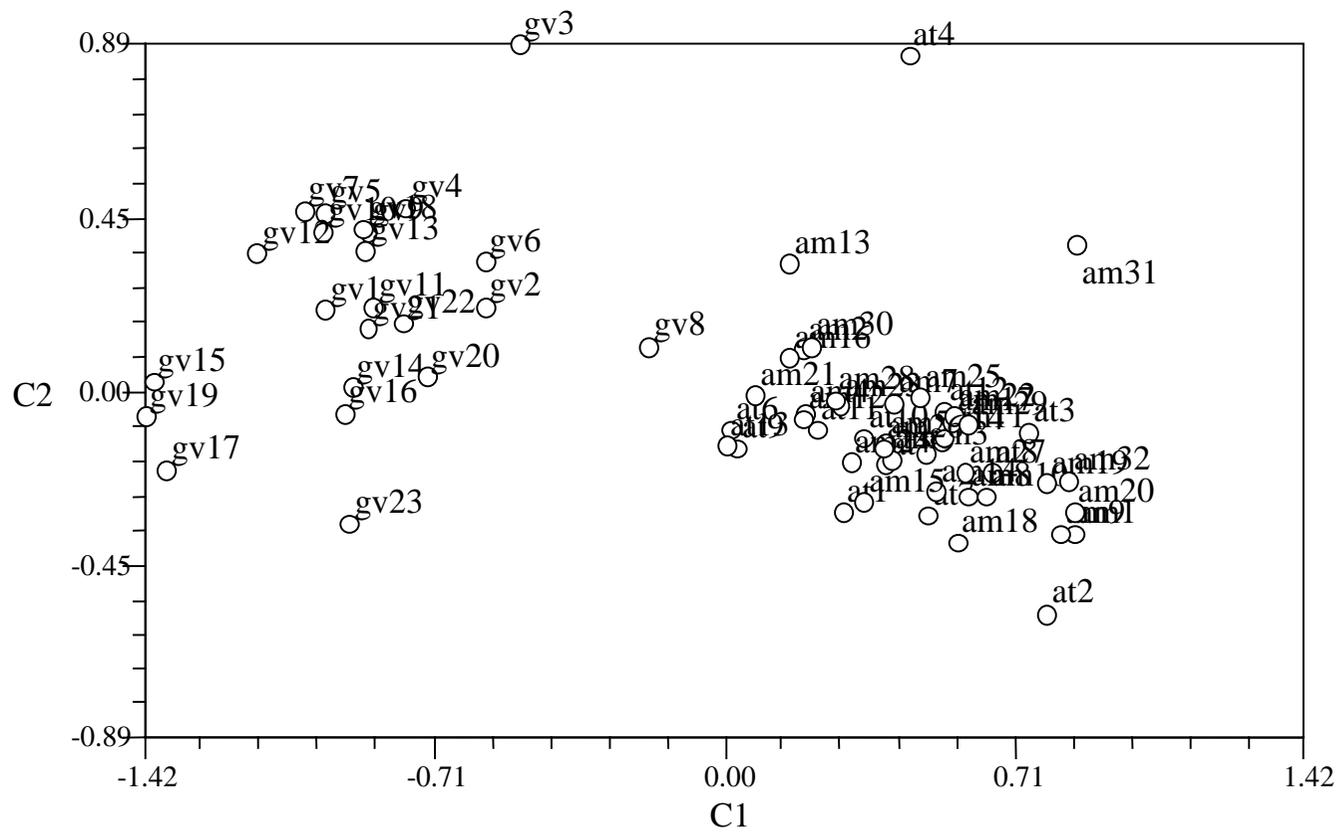


Fig. 29. Gráfica de componentes principales de las flores colectadas en campo.

Este primer componente da una explicación de la variación de un 54.6614 %, en este primer componente por si solo da los dos grupos, pero se complementa con la explicación dada por el segundo componente, el cual nos muestra cuatro agrupaciones, la de la región superior izquierda corresponde a especies de talla pequeña pero mayor a la de la región inferior izquierda en cuanto al largo y ancho de las bractéolas.

Este segundo componente da un 16.5445% de la variación explicada y un 71.2059% de la variación acumulada.

El tercer componente da un 9.12296% de la variación explicada y un 80.3355% de la variación acumulada, esto se muestra en la gráfica más adelante (Fig.30), pero, las relaciones entre los OTU's son muy difíciles de definir, lo que si se puede decir es que las agrupaciones que se forman son dadas por la longitud del pedicelo de la flor.

El análisis de discriminantes refuerza los resultados obtenidos con estos dos análisis, ya que las agrupaciones presentadas por estos tiene un 100% de casos correctamente clasificados en el análisis de discriminantes, siendo los caracteres más significativos para esta clasificación (en orden de importancia y con coeficiente de función discriminante estandarizado y no estandarizado): largo y ancho de las bractéolas y longitud de la quilla.

La lambda de Wilks' fue de 0 .000, es decir, que los dos grupos son muy diferentes.

Datos de flores colectadas en Jalisco y Oaxaca

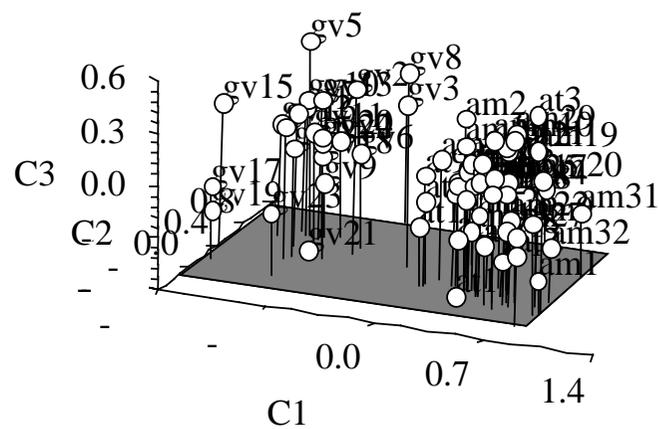


Fig 30. Gráfica de componentes principales en 3 dimensiones.



## **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES FINALES.**

Si tomamos como válida la definición de especie taxonómica, la cual define a la especie como un conjunto de individuos morfológicamente similares y distintos de otros conjuntos (Grant, 1989), entonces será fácil entender que si todos los organismos vivos difieren entre sí, el grado de diferenciación que se encuentre entre ellos servirá de base a la jerarquía taxonómica.

En este caso *Vigna adenantha* y *Vigna gentryi* son especies muy similares morfológicamente por lo que en un principio se pensó que los caracteres cualitativos no proporcionarían claridad en la ubicación jerárquica de los taxa, pero al observar más detenidamente a las especies, se entendió que podía ser lo contrario y para hacer más clara y confiable esta separación se recurrió a análisis que cuantificaran las diferencias de las dimensiones en los caracteres morfológicos.

Se eligieron los análisis multivariados por su precisión y la cantidad de datos informativos que otorgan, además de que nos ayudarían a proporcionar las definiciones de los caracteres distintivos de las especies, y estos finalmente pueden ser utilizados por otros investigadores.

Con los resultados obtenidos en los análisis fenéticos de los ejemplares de herbario, podemos confirmar que existen dos grupos y que estos se dan por las dimensiones de sus estructuras, fundamentalmente florales, aún cuando el apoyo a la explicación de la variación resulta muy bajo en el análisis de componentes principales, este es suficiente para mostrar las dos agrupaciones ya previstas y que se confirman con el análisis de discriminantes en el que el porcentaje de la clasificación es de 91.1%.

Las agrupaciones que se formaron con los caracteres tomados de estos ejemplares de herbario se dieron principalmente por los siguientes caracteres: diámetro del tallo, ancho de las estípulas, longitud del primer y segundo entrenudo, ancho del cáliz, largo de las alas, largo y ancho de la quilla, largo de la vaina, largo de las bractéolas, largo del pedicelo de la flor y longitud del pedúnculo de la inflorescencia.

Al observar los caracteres que dan las agrupaciones es evidente que son los florales más que los vegetativos, los que tienen mayor importancia al agrupar, como ya se había mencionado.

Otra observación es que tanto en los resultados del análisis de conglomerados como en el PCA, el grupo con menores dimensiones integra perfectamente los ejemplares identificados como *Vigna gentryi*, aunque, también podemos encontrar ejemplares identificados como *Vigna adenantha*; esto no debe causar conflicto ya que estos ejemplares pudieron ser mal identificados, debido a que la delimitación entre una especie y otra aún no estaba establecida claramente. Con apoyo del análisis de discriminantes podemos dar parámetros para la correcta identificación, por lo que fue necesario al concluir este trabajo hacer una revisión de los ejemplares e identificarlos correctamente.

Con apoyo de las observaciones hechas en plántulas podemos decir que la diferencia entre estas dos especies está dada por las dimensiones de sus estructuras tanto vegetativas como reproductivas, más la presencia de estípulas bífidas (sólo en *Vigna adenantha*), esta observación, implica la traza de un proceso evolutivo.

Además, con las observaciones de ejemplares en vivo podemos determinar que el tamaño de la inflorescencia, el color y el tamaño de la flor son los que nos permiten distinguir a una especie de otra.

Con los resultados obtenidos de los análisis fenéticos de las flores podemos confirmar que existen dos grupos y que estos se dan por el largo y ancho del cáliz, el largo de los dientes laterales, largo y ancho de las alas y largo y ancho de la quilla.

Además al revisar la MBD podemos decir que son cuatro los caracteres florales que distinguen a una especie de la otra: largo y ancho de las alas y largo y ancho de la quilla, ya que en los demás caracteres las mediciones se sobrelapan.

Con las observaciones hechas, podemos decir que *V. adenantha* se diferencia de *V. gentryi* por la posición de su quilla, dimensiones de flores y plántulas y que la variación foliar no es un buen carácter que se deba tomar en cuenta para su clasificación.

En resumen, gracias a todo lo antes mencionado podemos describir morfológicamente a las especies con base en la descripción de McVaugh en 1987, de la siguiente manera:

***Vigna adenantha*** se caracteriza por ser una enredadera herbácea perenne, con tallos lignificados en ***Vigna gentryi*** y sólo en la base en el caso de *V. adenantha*, alcanzando una longitud de más de 2 m (pudiendo ser de menos de un metro dependiendo de la madurez de la planta); con raíces adventicias en los nudos en ambas especies; raíces carnosas de 30 a 50 cms de profundidad, muy ramificada en *V. adenantha*; a diferencia de *V. gentryi* la cual presenta raíz leñosa de máximo 50 cms de profundidad,

poco ramificada. Las hojas maduras en ambas especies son: trifolioladas con pecíolos largos (arriba de los 1.6-9.8 cm de largo), el raquis (3.23-20.72 mm), estípulas triangulares, 4.16-1.72 mm de largo; estipelas lineares a obovadas, 1.79-0.56 mm largo; folíolos de tamaños variables (frecuentemente en la misma planta) desde oblongos (10-2.78 cm largo; 58.1-4 mm ancho, redondeados o truncos en la base) a lanceolados, rómbicos u obovados. Inflorescencias 3.42-38.5 cm de largo, el eje floral frecuentemente de 3-6 (-12) cm de largo, con hasta 25 nudos glandulares en *Vigna gentryi*, los cuales se distribuyen espesamente en el extremo apical de la inflorescencia, en ocasiones en *V. adenantha* una menor cantidad ya que se distribuyen laxamente; generalmente dos flores por nudo; pedicelos 1-2 mm de largo (4 mm en el fruto); brácteas primarias muy pequeñas, caducas, bractéolas ovadas o lanceoladas, agudas, estriadas, 3.86-1.52 mm de largo, deciduas a la antesis. Flor con el cáliz 6-2 mm de largo, compuesto de 5 sépalos, 2 adaxiales parcialmente unidos con una muesca profunda de 0.5-1 mm; 2 dientes laterales triangulares falcados, curvados adaxialmente, de 4-1 mm de largo, y 1 diente abaxial estrechamente triangular, 2-3.5 mm de largo; corola de color blanco a rosa pálido en *Vigna adenantha* y rosa brillante o rosa lavanda oscuro en *Vigna gentryi*, algunas veces tornándose a amarillo ocre después de la antesis en ambas especies; estandarte orbicular reniforme, retuso, 1.6-2 cm de ancho, 1.2-1.3 cm de largo, lamela basal falcada, ca de 1.7 mm de largo, 0.8 mm de ancho; alas oblicuamente obovadas, 27.69-35.5 mm de largo, 9.85-25.47 mm de ancho, quilla con las láminas curvas (falcadas) en el ápice, enrolladas en 1.5 a 2 vueltas, 6.22-12.28 mm de ancho y 22.15-27.83 mm de largo, reposando sobre el ala derecha en *V. adenantha* e irguiéndose

hacia el centro del estandarte en *V.gentryi*. Androceo diadelfo, estambre vexilar libre y engrosado en su base. Gineceo con ovario usualmente glabro sobre las paredes, densa y escasamente barbado sobre los márgenes, algunas veces densamente estrigoso; con estilo enrollado semejante a la quilla, con aproximadamente dos espirales a lo largo y, en la porción final un giro o rotación sobre su propio eje (sólo observado en *V. adenantha*), con brocha polínica en su porción distal; estigma subterminal o terminal de forma esférica. Fruto usualmente glabro excepto en los márgenes, raramente piloso, con valvas subcoriáceas, recta a falcada. Semillas reniformes, ca. 12, 80-100 mm largo en *Vigna adenantha* y 60 –90 mm de largo en *Vigna gentryi*.

Así que, las conclusiones a las que se llegó son:

- Existen dos grupos dados por las dimensiones principalmente de sus caracteres florales.
- Estos dos grupos son distinguibles con caracteres vegetativos en plántulas. Aunque es necesario incrementar la matriz básica de datos con caracteres de plántulas para tener más parámetros que expliquen con mayor veracidad la variación en este estadio de la planta.
- Los números cromosómicos no difieren entre las dos especies por lo que no es un carácter útil en la distinción de estas dos especies.
- Los estigmas, así como su desarrollo no difieren suficientemente para ser considerados carácter útil en la distinción de estas dos especies.
- Al no haber variación morfológica entre los ejemplares colectados y observados en campo y los transplantados en el Invernadero del Jardín

Botánico del IBUNAM, podemos decir que la variación existente entre las dos especies no es dada por factores ambientales.

- *Vigna adenantha* presenta la quilla inclinada sobre el ala derecha de la flor y *V. gentryi* presenta la quilla erguida entre las alas de la flor.
- Finalmente que *Vigna adenantha* y *Vigna gentryi* son dos especies distintas y no la variación, una de la otra, presentando las siguientes diferencias (cuadro 5).

**Cuadro 5. Diferencias entre *Vigna adenantha* y *Vigna gentryi*.**

	<i>Vigna adenantha</i>	<i>Vigna gentryi</i>
Plántulas	Estipulas bífidas	Estipulas enteras
Tallos	Lignificados, sólo en la base	Lignificados
Largo de las alas	27.69-35.5 mm	16.27-24.7mm
Ancho de las alas	9.85-25.47 mm	8.33-14.97 mm
Largo de la quilla	22.15-27.83 mm	13.69-18.94 mm
Ancho de la quilla	6.22-12.28 mm	5.01-8.85 mm
Posición de la quilla	Inclinada sobre el ala derecha	Erguida hacia el centro del estandarte
Polen	Verrugoso con los bordes de las verrugas uniformes	Verrugoso con los bordes de las verrugas irregulares

### LITERATURA CITADA.

- **Baudet, C.J. 1974.** Signification taxonomique des caracteres blastogeniques dans la tribu des *Papilionaceae- Phaseoleae*. Bull. Jard. Bot. Nat. Belg. 44. 259-293.
- **Bentham, G. 1837.** Commentiones de leguminosarum generibus. Sollinger. Viena.
- **Bentham, G. 1865.** Leguminosae. In G. Bentham and J.D Hooker (eds), *Genera plantarum*, vol. 1. Reeve. London. 434-600 pp.
- **Castro, M.A. y M.A. Agullo. 1998.** Anatomía del estigma de *Vigna adenantha* (G.F. Meyer) Maréchal, Mascherpa & Stainier (Leguminosae, Papilionoideae). Biocell Argentina 22(1): 9-18.
- **Crisci, J.V. 1983.** Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. O.E.A. Washington, D.C. 132 pp.
- **Cronquist, A. 1981.** An integrated system of classification of flowering plants. The evolution and classification of flowering plants. Columbia University Press. New York. 587-591 pp.
- **Delgado, S.A. 1985.** Systematics of the genus *Phaseolus* (Leguminosae) in México and Central America. Ph. D. Dissertation. University of Texas at Austin.
- **Delgado-Salinas, A., T. Turley, A. Richman y M. Lavin. 1999.** Phylogenetic Analysis of the cultivated and wild species of *Phaseolus* (Fabaceae). Systematic Botany 24(3): 438-460 pp.
- **Doyle, J.J y M. A. Luckow. 2003.** The rest of the Iceberg. Legume diversity and evolution in a phylogenetic context. Plant Physiology 131:900-910.

- **Duke, J.A. y R.M. Polhill, 1981.** Seedlings of leguminosae. In: R.M. Polhill and P.H. Raven (eds). Advances in legume systematics. Part 1. Royal Botanic Gardens. Kew. 941-951 pp.
- **Gosh, S. y K.A. Shivanna. 1982.** Anatomical and cytochemical studies on the stigma and style in some legumes. *Botanical Gazzette.* 143: 311-318.
- **Judd, S. W., C. S. Campbell, E. A. Kellog y F. P. Stevens. 1999.** Plant Systematics. A phylogenetic approach. Sinauer Associates. Inc: Publishers. Sunderland, Massachusetts. U.S.A. 464pp.
- **Lackey, J.A. 1981.** Tribe 10. Phaseoleae DC. (1825). In: Advances in Legume Systematics. Part 1. R.M. Polhill y P.H. Raven (eds). Royal Botanic Gardens, Kew. UK. 301-327 pp.
- **Lackey, J.A. 1983.** A review of generic concepts in American Phaseolinae (Fabaceae, Faboideae). *Iselya* 2: 21-64.
- **Lavin, M. y A. Delgado. 1990.** Pollen brush of Papilionoideae (Leguminosae): Morphological variation and systematic utility. *American Journal of Botany* 77(10): 1294-1312 pp.
- **Lewis, G.P. 1998.** Caesalpinia (A revision of the Poncianella-Erythrostemon Group). Continental Printing. Bélgica.
- **Lewis, G. P. y B.D. Shrire. 2003.** Leguminosae o Fabaceae?. In B.B. Klitgaard, y A. Bruneau (eds). Advances in legume systematics. Part. 10. Royal Botanic Gardens. Kew. UK. 1-3 pp.
- **Lewis, G.P., B. Schrire, B. Mackinder y M. Lock (eds.). 2005.** Legumes of the World. Royal Botanic Gardens, Kew. UK. 577 pp.

- **Mabberley, D.J. 1990.** The plant-book. A portable dictionary of the higher plants. Cambridge University Press. Cambridge. Kew. UK. 607 pp.
- **Maréchal, R., J. Mascherpa y F. Stainier. 1978.** Étude taxonomique d'un groupe complexe d'espèces des genres *Phaseolus* et *Vigna* (Papilionaceae) sur la base de données morphologiques et polliniques, traitées par l'analyse informatique. *Boissiera* 28 :1-273.
- **Maréchal, R.J., M. Mascherpa. y F. Stainier. 1981.** Taxonomic study of the *Phaseolus-Vigna* complex and related genera. In R. M. Polhill and P.H. Raven. Advances in legume systematics. Part 1. Royal Botanic Gardens. Kew. UK. 329-335 pp.
- **McVaugh, R. 1987.** Flora Novo-Galiciana (A descriptive account of the vascular plants of western México). R.W. Anderson (ed.). Vol. 5 (Leguminosae). The University of Michigan Press. 786 pp.
- **Mercado, R. y S.A. Delgado. 1996.** Karyological studies in several Mexican species of *Phaseolus* L. and *Vigna* Savi (Phaseolineae, Fabaceae). In B. Pickersgill and J.M. Lock (eds). Advances in legume systematics 8. Royal Botanic Gardens. Kew. UK. 83-87 pp.
- **Núñez F.J., S. A. Careaga, J. Fornoni, L.R. Montoya y P. Valverde. 2003.** La evolución de la plasticidad fenotípica. *TIP Rev. Esp. Cienc. Quím. Biol.* 6:(1): 16-24.
- **Palomino, H. G. 1985.** Los estudios citogenéticos como apoyo al conocimiento de los recursos genéticos. In: III Seminario Maximino Martínez. La aplicación de la citogenética en el conocimiento biológico de los recursos vegetales en México. Palomino, G. (coord.) Jardín Botánico del Instituto de Biología. UNAM. México. 11 pp.

- **Piper, C.V. 1926.** Studies in American Phaseolineae. Contributions from the United States National Herbarium 22(9):673-696.
- **Polhill, R.M. 1981.** Papilionoideae. In R.M. Polhill and P.H. Raven (eds). Advances in legume systematics. Part 1. Royal Botanic Gardens. Kew. UK. 191-208 pp.
- **Polhill, R.M. y P.H. Raven. 1981.** Advances in legume systematics. Part. 1. Royal Botanic Gardens. Kew. UK.
- **Polhill, R.M. 1994.** Classification of the Leguminosae. Phytochemical dictionary of the Leguminosae. INF.A. Bisby, J. Buckingham y J.B. Harborne (eds). Vol. 1. Plants and their constituents. Chapman and Hall.
- **Puertas, M. J. 1999.** Genética. Fundamentos y Perspectivas. 2ª edición. Mc Graw-Hill- Interamericana. Madrid. España. 913 pp.
- **Sneath, P. H. A. y R.R Sokal, 1973.** Numerical Taxonomy. W.H. Freeman and Co. San Francisco. 572 pp.
- **Sousa, S.M y A. Delgado. 1993.** Mexican Leguminosae: Phytogeography, endemism and origins. In A.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds). Biological diversity in Mexico; origin and distribution. Oxford University Press. Oxford. 458-511 pp.
- **Stainier, F. y F. Horvat. 1983.** L'étude de l'exine dans le complexe *Phaseolus-Vigna* et dans des genres apparentés. V. Le sous-genre *Sigmoidotropis* (Piper) Verdcourt et *Ramirezella strobiliphora* (Robinson) Rose. Pollen et Spores Paris 25 (1): 5-40.
- **Tomooka, N., D.A. Vaughan, H. Moss y N. Maxted. 2002.** The Asian *Vigna* subgenus *Ceratotropis* genetic resources. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. The Netherlands. 270 pp.

- **Verdcourt, B. 1970.** Studies in the *Leguminosae-Papilionoideae* for the Flora of Tropical East Africa. Kew Bulletin 24: 507-543.
- **Wojciechowski, M.F. 2003.** Reconstructing the phylogeny of legumes (Leguminosae): an early 21st century perspective. In B.B. Klitgaard y A. Bruneau (eds). Advances in legume systematics. Part. 10. Royal Botanic Gardens. Kew. UK. 5-35 pp.
- **Zallochi, E. 1993.** Estudio quimiotaxonómico de la subtribu Phaseolinae (Phaseoleae-Papilionoideae-Leguminosae) II: Cromatografía de flavonoides de las especies argentinas del género *Vigna*. Darwiniana. Argentina 32(1-4): 139-158 pp.

#### REFERENCIAS ELECTRÓNICAS.

- **Cuadro de sinonimias de *Vigna adenantha* tomado de:**  
[www.mobot.org/](http://www.mobot.org/) Consultado el día 15 de agosto del 2002.
- **Dibujo de *Vigna adenantha* tomado de:** [www.alectouk.com/BANKS/im060016.htm](http://www.alectouk.com/BANKS/im060016.htm) Consultado el día: 4 de junio del 2002
- **Imagen de *Vigna mungo* tomada de:**  
[http://www.lavendelfoto.de/images/icons/v/Vigna\\_mungo\\_001.jpg](http://www.lavendelfoto.de/images/icons/v/Vigna_mungo_001.jpg)  
Consultado el día 7 de mayo del 2002.
- **Imagen de *Vigna unguiculata* tomada de:**  
[www.echotech.org/bookstore/ images/Vigna%20ung...](http://www.echotech.org/bookstore/images/Vigna%20ung...) Consultado el día: 7 de mayo del 2002
- **Píccolo, G.A. 2002. Encontrado en:**  
[http://www.inta.gov.ar/cerroazul/investiga/suelos\\_anuales/apt\\_legum.htm](http://www.inta.gov.ar/cerroazul/investiga/suelos_anuales/apt_legum.htm)  
Consultado el día: 23 de marzo del 2004.

# APÉNDICES.



Imagen tomada de: [www.alectouk.com/BANKS/im060016.htm](http://www.alectouk.com/BANKS/im060016.htm)



Apéndice 1. Mediciones en ejemplares de herbario

jal9	mich1	mich2	nay1	nay2	nay3	nay4	nay5	nay6	nay7	nay8	oax1	oax2	oax3	oax4	oax5	oax6	oax7	oax8	oax9	oax10	oax11	oax12	oax13	oax14	
999	2	2	2	2	2	2	2	4	2	2	3	3	3	3	3	3	2	3	2	3	2	2	3	999	
700	620	950	1234	1400	1185	0	100	0	1100	1250	15	15	400	1600	1210	250	30	10	50	1000	0	1150	20	15	
0.9	1.15	0.96	0.95	1.06	1.19	2.7	1.18	3.41	1.5	0.93	2.05	1.68	0.75	2.13	1.23	0.87	2.38	1.39	2.24	1.16	1.55	0.78	2.13	2.75	
46.51	118.56	999	999	120	102	999	120	136.18	999	94.66	140.2	135	38.54	82.1	82.51	117.5	93.56	115.64	150	51.88	101.02	94.48	999	165	
1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	999	2	0	2	2	0	0	0	2	0	2	999	2
43.82	37.97	17.98	30.94	34.73	24.8	98.03	48.05	30.64	54.91	15.73	48.35	38.32	34.28	47.66	36.5	53.98	59.71	24.05	22.93	16.17	32.02	39.78	57.31	68.5	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	2	0	2	2	2	0	0	0	0	0	999	0	0	999	999	999	0	0	0	0	0	999	999	
5.7	12.87	5.93	7.52	9.77	6.92	20.72	11.98	9.58	8.41	4.16	10.08	9.9	8.95	15.3	11.55	9.11	13.29	7.06	8.17	3.23	9.56	10.31	14.3	9.86	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	
37.61	72.7	46.67	52.58	67.12	63.14	100.06	66.16	50.7	75.92	36.94	52.23	60.4	64.82	80.02	49.07	58.4	69.29	53.76	49.5	27.87	59.45	51.96	59.75	63.37	
22.94	16.54	9.11	12.79	26.48	10.07	58.1	40.3	20.43	30.34	4.94	34	31.38	26.23	49.07	19.76	19.63	47.12	15.89	32.15	12.71	30.02	23.34	49.89	35.1	
1	0	0	0	0	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1
1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0
2.39	2.94	2.6	2.56	2.26	2.65	3.63	2.12	3.51	2.55	2.71	3.02	2.96	2.64	3.52	999	2.17	2.15	2.21	2.92	2.42	3.51	2.46	2.68	4.16	
1.51	1.58	1.21	1.38	1.52	1.03	2.26	1.28	2.39	1.45	1.34	2.51	2.42	1.61	2.14	999	1.43	999	2.41	2.24	1.55	2.61	1.18	2.41	2.09	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
0.86	1.4	0.85	1.42	1.08	1.04	1.79	0.95	1.21	1.14	0.61	1.36	1.5	1.2	1.64	1.36	0.87	0.85	1.23	1.02	1.22	1.03	0.87	0.8	0.87	
1.63	2.14	1.5	1.94	1.86	1.79	4.94	2.59	2.03	2.62	1.16	2.25	3.37	2.25	3.79	3.84	2.44	3.16	2.79	1.65	1.5	1.61	2.25	3.49	2.73	
48.14	48.72	39.83	75.49	123	161	168	65.54	72.13	95.6	83.69	83.27	87	92.56	159	90	75.37	155	168	100.66	43.96	63.91	78.7	143	134	
1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	2	0	999	2	2	0	0	2	2	999	999	0	0	999	999	999	999	999	999	0	999	999	999	999
6.74	31.48	6.21	15.21	21.18	27.01	147	17.24	54.76	19.14	14.5	117.88	41.08	20.75	59.82	37.77	28.88	70.85	200	240	13.65	42.37	15	71.8	26.47	
4	14	6	6	7	8	16	6	8	5	4	16	6	7	10	8	9	12	22	18	5	6	5	10	6	
0.42	0.81	0.67	0.92	1.66	0.98	11.91	0.77	6.58	2.18	1.21	10.3	8.99	1.39	10.49	3.01	1.09	6.2	10.71	7.52	1.09	8.64	1.08	11.37	11.87	
0.97	2.22	0.87	0.95	1.37	2.05	17.45	0.69	7.81	1.4	1.09	7.7	8.38	2	7.54	2.81	1.56	5.74	11.55	22.22	1.54	8.19	1.85	11.47	3.11	
0	1	0	0	0	20	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
999	3.51	999	999	999	999	3.16	2.29	3.86	4.27	999	999	999	1.75	3.27	2.72	999	2.98	3.22	3.01	3.45	2.61	2.43	2.16	2	
999	0.66	999	999	999	999	1.68	0.66	1.69	1.1	999	999	999	1.47	1.48	1.47	999	1.62	1.8	1.58	1.19	1.33	0.98	1.32	1.28	
2.11	1.63	1.86	2	1.86	1.87	4.72	2.11	3.61	999	3.24	2.34	2.97	2.28	6.61	4.6	1.92	2.28	2.95	3.83	3.05	2.43	2.32	2.61	1.88	
2.55	2.21	2.13	3.09	4.11	2.15	4.49	2.48	4.23	3.09	3.55	3.21	999	2.91	5.45	2.76	2.57	4.22	4.4	4.99	3.25	6.03	2.9	2.59	3.93	
2.76	3.49	3.9	4.41	5.36	3.15	5.52	3.49	6.72	4.24	3.02	4.55	999	3.28	8.34	3.78	3.43	5.38	5.8	6.35	3.44	6.21	4.76	5.53	5.65	
1.5	2.11	1.68	1.58	2.94	1.87	2.06	1.51	2.84	2.3	1.97	1.95	999	1.52	4.51	1.6	1.39	1.69	2.34	3.48	1.8	3.8	1.85	2.74	2.61	
17.43	18.27	16.02	16.11	18.38	13.29	27.01	13.35	33.89	22.54	21.68	23.4	999	18.03	29.02	15.35	14.17	18.1	24.2	31.08	20.28	28.81	16.27	23.88	26.35	
9.46	9.19	7.96	9.05	9.34	6.02	10.39	6.53	14.19	9.51	9.69	12.99	999	8.92	17.72	8.4	7.03	7.75	12.12	15.91	9.69	14.9	8.57	11.59	10.76	
15.55	15.32	15.89	13.79	17.85	11.63	24.44	13.6	25.39	19.03	19.68	18.69	999	16.94	27.15	14.48	13.46	17.24	22.1	23.58	16.38	25.84	15.57	22.95	23.17	
6.86	7.5	7.31	7.77	8.7	4.46	11.38	6.39	10.29	7.14	7.37	10.44	999	9.62	12.8	8.32	5.83	7.2	10.39	12.35	9.22	13.74	8.15	9.86	11.76	
2	6	1	1	1	2	1	1	1	999	999	1	2	2	1	1	6	1	1	3	1	1	1	1	999	
2	6	999	1	999	3	1	999	999	999	999	2	3	999	2	2	999	2	17	7	999	999	1	999	999	
45.48	72.71	69.86	60.39	41.61	53.76	96.18	999	84.23	999	999	91.95	89.87	999	999	62.08	999	101.92	106.11	89.36	44.86	83.61	66.12	112.93	999	
5.02	6.32	7.77	6.7	4.72	4.01	10.14	999	9.09	999	999	9.39	9.69	999	999	6.04	999	8.17	7.62	6.42	3.85	6.57	7.24	8.84	999	
10	14	13	12	999	999	11	999	12	999	999	12	14	999	999	12	999	16	14	10	12	16	14	16	999	

Apéndice 1. Mediciones en ejemplares de herbario

oax15	oax16	oax17	oax18	oax19	pue1	pue2	pue3	pue4	slp1	ver1	ver2	ver3
1	999	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3
870	150	700	900	1000	999	999	999	600	950	10	10	260
0.76	1.22	1.27	0.96	0.99	1.15	1.97	2.04	0.9	1.11	2.75	1.24	1.7
85.21	92.89	83.85	108.96	69.17	81	999	98.07	72.04	999	999	999	61.82
2	2	2	2	2	0	2	0	2	0	0	2	999
50.76	49.91	30.84	40.55	27.07	23.62	36.61	46.34	32.91	41.91	42.13	19.04	88.78
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	2	2	2	2	0	2	0	2	0	0	2	0
9.57	7.51	7.67	6.78	5.66	6.51	9.44	13.95	5.19	8.83	14.05	6.24	14.05
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
54.99	49.45	45.68	50.99	55.18	48.05	58.89	89.86	58.81	73.67	70.52	50.01	63.16
24.29	25.52	15.07	24.62	26.13	22.9	29.5	34.2	11.05	30.08	41.77	12.15	34.02
0	1	0	1	1	1	1	1	2	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1
3.59	2.68	2.89	2.34	2.83	2.35	3.22	2.66	2	2.44	3.08	3.08	2.33
1.37	1.47	1.7	1.57	1.6	1.64	1.73	2.01	1.3	1.57	2.29	1.9	1.88
1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0
0.7	1.12	0.86	1.08	1.4	1.17	0.87	0.83	1.02	1.11	0.91	1.17	1.26
1.89	2.05	2.67	1.77	1.93	2.07	2.34	4.38	1.85	2.05	3.03	2.11	3.33
102.71	77.26	95.12	76.25	33.4	48.84	74.99	93.18	27.96	63.49	27.17	93.73	152
0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0
999	999	999	2	2	999	2	999	0	0	0	2	999
13.38	39.9	46.58	24.14	22.61	40.71	80.76	41.8	15.05	31.64	129.31	13.8	27.69
5	15	12	7	8	18	10	10	5	9	12	6	7
1.97	0.98	1.78	1.88	0.82	1.3	7.63	3.57	1.15	0.91	12.18	1.92	5.92
1.13	1.35	2.43	1.88	1.82	1.39	15.21	7.91	1.32	1.31	13.84	1.19	4.34
1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
1.52	999	999	999	999	999	999	999	2.9	3.14	999	3.69	999
0.88	999	999	999	999	999	999	999	1.07	1.3	999	1.47	999
2.36	2.44	2.28	2.01	1.87	2.09	3.16	3.78	1.79	3.11	3.25	2.33	2.71
2.87	2.73	3.22	2.75	2.36	1.82	3.24	3.55	2.75	3.26	3.72	3.15	3.65
3.78	4.16	3.31	2.78	2.51	3.49	6.47	5.76	3.52	4.61	5.51	4.56	6.58
1.58	1.68	1.11	1.89	1.71	1.82	2.39	1.96	1.96	2.26	2.01	1.46	1.89
15.51	17.12	19.43	15.57	16.89	17.6	22.85	22.72	21.12	25.3	24.24	17.32	31.07
6.68	7.96	8.95	7.84	9.4	8.59	15.51	10.26	8.18	10.29	12.76	8.47	12.28
15.02	15.56	15.54	14.69	15.35	16.09	22.61	19.47	17.17	20.41	20.9	14.69	23.88
5.79	6.98	7.11	5.94	6.35	6.88	12.08	8.83	6.76	9.35	11.06	8.43	11.19
3	5	1	999	1	1	999	1	999	999	1	999	999
3	5	999	999	1	4	999	4	999	999	2	999	999
999	59.2	74.79	999	59.23	71.13	999	61.53	999	999	101.43	999	999
999	6.05	6.97	999	5.17	6.38	999	5.34	999	999	9.8	999	999
999	14	14	999	12	14	999	14	999	999	14	999	999

Apéndice 2. Mediciones en hojas de plantas conservadas en invernadero

	am1	am1b	am2	am2a	am2b	am3	am3b	am3c	am3d	am4a	am4b	am4c	am4d	am4e	am4f	am5a	am5b	am5c	at1a	at2a
Longitud del peciolo	26.38	21.45	34.99	27.89	25.74	45.04	29.68	29.94	21.88	26.58	39.23	46.82	39.07	15.61	49.4	26.31	20.21	55.4	43.82	37.97
Peciolo glabro (0) pubescente(1)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Tipo de tricomas Fibroso(0),ganchudo(1) los dos(2)	0	2	0	2	0	2	2	0	2	2	0	0	999	0	0	0	2	0	0	0
Longitud del raquis	7.82	5.86	6.64	6.39	6.74	9.2	8.88	5.02	4.53	5.23	9.06	69.22	9.93	5.61	8.59	5.33	7.01	10.79	5.7	12.87
Raquis glabro(0) pubescente (1)	1	999	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Largo del foliolo terminal	47.08	65.79	63.94	50.27	65.05	57.53	46.56	48.37	40.32	41.97	44.73	49.25	47.32	36.37	55	45.64	47.37	59.73	37.61	72.7
Ancho del foliolo terminal	21.61	15.55	8.31	10.75	17.96	9.8	10.39	11.13	16.51	14.43	22.15	45.46	10.41	11.23	27.29	10.47	11.23	26.8	22.94	16.54
Base de los foliolos redondeada (0) cuneiforme (1)	1	0	2	2	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0
Foliolos con tricomas (1) sin tricomas (0) en su periferia	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0
Largo de las estipulas	2.24	2.3	1.91	2.26	1.73	2.54	1.88	2.41	3.5	2.52	2.03	1.93	2.95	2.94	2.4	1.72	2.63	2.95	2.39	2.94
Ancho de las estipulas	1.67	0.98	1.2	1.39	1.23	0.92	1.04	1.34	1.73	1.06	1.28	1.37	1.51	1.37	1.18	1.02	1.52	2.68	1.51	1.58
Estipulas con tricomas (1) sin tricomas (0)	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
Longitud de las estipelas	1	0.69	1	1.1	0.56	1.07	0.75	0.86	0.94	0.87	0.7	0.94	0.96	1.28	1.24	0.73	1.27	1.41	0.86	1.4
Longitud del peciolulo terminal	2.43	999	1.97	1.98	1.88	2.08	1.59	2.09	1.4	1.69	1.86	4.05	2.16	1.61	2.37	1.89	2.13	2.77	1.63	2.14

Apéndice 3. Datos de los ejemplares de herbario Consultados

Ejemplar	Localidad	Fecha	Colector	Número de colecta
gue1	Barra de Potosí, municipio de Petatlán	27/02/1989	N. Diego	5102
gue2	Las Peñas, municipio de Petatlán	01/03/1989	N. Diego	5161
gue3	Camino al Cerro del Agua	12/10/1988	J.L. Contreras	431
gue4	Vallecitos	14/10/1937	Geo B. Hinton	11491
gue5	A 7 km al O de Tecpan	21/10/1977	M. Ladd	203
gue6	53.2mi al W en la intersección rt 134 y rt 51	24/10/1981	Michael J. Warnock	2583
gue7	Cerro Sonajo	05/11/1982	Jorge González Loera	256
gue8	5.2 Km al O. Del Ocotito	10/11/1982	R. Torres C.	1740
gue9	18.2 km al S de Chilpancingo	16/11/1978	L. Rico y V.A. Funk	219
gue10	Camino de Zihuatanejo a C. Altamirano	20/11/1983	Fred R. Barrie	633
gue11	El Camalote	24/11/1985	J.L. Contreras	1303
jal1	A 25 Km al O del Tuito	02/07/1982	Oswaldo Tellez	5893
jal2	Subiendo de Autlán a la Huerta	17/09/1976	A. Delgado	52
jal3	En la orilla del Río Horcones	03/11/1978	Arturo S. Magallanes	1204
jal4	11 Km al O del Potrero	10/11/1878	Arturo S. Magallanes	s/n
jal5	A orilla del palmar Tomatlán	22/11/1979	Arturo S. Magallanes	2095
jal6	20 km al N de Melaque	28/11/1981	Arturo S. Magallanes	3349
jal7	6 km al E de llano Grande	06/12/1981	Arturo S. Magallanes	3417
jal9	21 km al S de Talpa	08/09/1979	Arturo S. Magallanes	1949
mich1	9 km al N carr. Costera , 73 km O de Playa Azul	17/11/1983	Stephen D. Koch	83175
mich2	20 km SW de Ario de Rosales	24/10/1981	Arturo S. Magallanes	s/n
nay1	10 miles O of Compostela	08/10/1967	Howard Scott Gentry	22324
nay2	2 km al N del Carrizal, entronque con Emiliano Zapata	10/11/1993	Calzada J.I	18934
nay3	15 Km al SW de Xalisco en el camino de Terracería	17/10/1994	Flores Franco Gabriel	4104
nay4	14 Km al SW de Xalisco en el camino de Terracería	17/10/1994	Flores Franco Gabriel	4088
nay5	1 km N del Cuatante, 40 km del aeropuerto	18/11/1963	Rzedowski	17851
nay6	5.5 km N de Aticama	04/02/1989	Oswaldo Tellez	11763
nay7	25 km by rd. Tepic	18/10/1970	Grady L. Webster	15688
nay8	5 km al SE de la mesa del Nayar	04/09/1991	Flores Franco Gabriel	2623
oax1	Santiago Astata, Barra de la Cruz 2km NO	04/01/2000	Misael Elorsa	2599
oax2	Barra de Colotepec	09/02/1977	Mario Sousa	7161
oax3	1.8 km al SO de Santiago Astata	20/02/1987	Rafael Torres Colín	9270
oax4	Santa María Xadani	21/02/1987	J.I. Calzada	14701
oax5	Valle Nacional	22/02/1997	J.I. Calzada	s/n
oax6	Mpio. Santiago Astata, Barra de la Cruz	23/03/1999	Misael Elorsa	1952
oax7	A 1km antes del Cantón	01/04/1989	Oswaldo Tellez	s/n
oax8	2km al O de Tuxtepec	03/04/1977	Mario Sousa	
oax9	Lado E de la Isla de Isabel María	04/04/1987	Luis Cortes	761
oax10	13 km al S de Pinotepa Nacional	18/04/1976	Mario Sousa	5527
oax11	Río de Tehuantepec	16/05/1987	Cipriano Martínez	977
oax12	10 km al NE de San Pedro Juchatengo	20/10/1977	Mario Sousa	8356
oax13	A 3 km al NE de la Galera	24/10/1976	Mario Sousa	6489
oax14	A 2km al N de Putla de Guerrero	28/10/1980	Oswaldo Tellez	3908
oax15	Santa María Xadani	28/10/1999	Silvia Salas	2500
oax16	San Miguel del Puerto, Xadani	25/11/1999	Javier F. Castrejon	905
oax17	Santiago Astata, Barra de la Cruz	27/11/1998	Misael Elorsa	1185
oax18	KM 581 al SE de Santiago Yosoticho	03/12/1985	A. Bonet	15
oax19	Santiago Astata Barra de la Cruz, 1km SSE por el río	18/12/1998	Misael Elorsa	1330
pue1	2 km NE de Mecalapa, municipio de Pantepec	04/03/1979	Pablo Basurto	185
pue2	Sierra Norte, Pantepec	28/04/1979	Pablo Basurto	248
pue3	Tepescapan, Zochitlán	12/08/1986	F. Ventura A.	22153
pue4	2 km al N de La Pahuá. Metlatoyuca	04/10/1980	Pablo Basurto	690
slp1	1 km N de San Antonio	27/10/1978	Janis B. Alcorn	2129
ver1	Camino al Salado	05/02/1997	Cirila Avila y Faustino Hdez.	108
ver2	Ciudad alemán	16/02/1966	Guadalupe Martínez Calderon	1160
ver3	Cerca de Omealca	22/02/1894		

Apéndice 4. Mediciones de flores.

Ejemplar	am1	am2	am3	am4	am5	am6	am7	am8	am9	am10	am11	am12	am13	am14	am15	am16	am17	am18	am19	am20
35 Largo de las bracteólas	999	999	1.94	999	999	999	999	999	999	999	999	2.52	999	2.41	999	1.72	999	999	999	3.51
36 Ancho de las bracteólas	999	999	1	999	999	999	999	999	999	999	999	1.54	999	1.22	999	0.96	999	999	999	0.66
37 Longitud del pedicelo	1.45	1.98	1.57	2.42	2.69	2.57	2.06	1.16	2.13	2.46	2.35	999	2.79	2.53	2.46	2.35	1.23	3.11	2.11	1.63
38 Largo del caliz	2.23	2.82	3.11	2.92	2.96	3.13	2.43	2.01	3.8	3.03	2.66	999	2.27	2.34	2.46	2.93	3.22	999	2.55	2.21
39 Ancho del caliz	3.26	4.02	5.28	4.78	6.21	4.73	3.31	2.86	4.93	4.38	2.94	999	3.46	3.76	3.69	4.1	3.98	999	2.76	3.49
41 Largo de las alas	16.51	15.42	16.98	17.85	22.61	20.31	20.56	10.82	22.14	16.6	18.73	999	18.24	16.32	17.7	15.85	18.86	999	17.43	18.27
42 Ancho de las alas	8.04	9.57	8.83	9.04	11.99	11.76	11.1	5.76	11.62	7.66	8.07	999	8.2	8.32	8.83	8.76	10.44	999	9.46	9.19
43 Largo de la quilla	12.76	13.37	14.25	16.66	19.36	17.86	15.4	8.49	17.42	13.19	15.6	999	13.76	15.24	13.68	14.38	15.12	999	15.55	15.32
44 Ancho de la quilla	6.65	9.06	7.45	8.75	9.33	8.8	9.99	4.34	7.91	6.79	8	999	7.72	6.97	7.68	8.75	7.92	999	6.86	7.5
	am21	am22	am23	am24	am25	am26	am27	am28	am29	am30	am31	at1	at2	at3	at4	at5	at6	at7	at8	at9
35 Largo de las bracteólas	999	999	999	999	3.16	2.29	3.86	4.27	999	999	999	1.75	3.27	2.72	999	2.98	3.22	3.01	3.45	2.61
36 Ancho de las bracteólas	999	999	999	999	1.68	0.66	1.69	1.1	999	999	999	1.47	1.48	1.47	999	1.62	1.8	1.58	1.19	1.33
37 Longitud del pedicelo	1.86	2	1.86	1.87	4.72	2.11	3.61	999	3.24	2.34	2.97	2.28	6.61	4.6	1.92	2.28	2.95	3.83	3.05	2.43
38 Largo del caliz	2.13	3.09	4.11	2.15	4.49	2.48	4.23	3.09	3.55	3.21	999	2.91	5.45	2.76	2.57	4.22	4.4	4.99	3.25	6.03
39 Ancho del caliz	3.9	4.41	5.36	3.15	5.52	3.49	6.72	4.24	3.02	4.55	999	3.28	8.34	3.78	3.43	5.38	5.8	6.35	3.44	6.21
41 Largo de las alas	16.02	16.11	18.38	13.29	27.01	13.35	33.89	22.54	21.68	23.4	999	18.03	29.02	15.35	14.17	18.1	24.2	31.08	20.28	28.81
42 Ancho de las alas	7.96	9.05	9.34	6.02	10.39	6.53	14.19	9.51	9.69	12.99	999	8.92	17.72	6.4	7.03	7.75	12.12	15.91	9.69	14.9
43 Largo de la quilla	15.89	13.79	17.85	11.63	24.44	13.6	25.39	19.03	19.68	18.69	999	16.94	27.15	14.48	13.46	17.24	22.1	23.58	16.38	25.84
44 Ancho de la quilla	7.31	7.77	8.7	4.46	11.38	6.39	10.29	7.14	7.37	10.44	999	9.62	12.8	8.32	5.83	7.2	10.39	12.35	9.22	13.74
	gv3	gv4	gv5	gv6	gv7	gv8	gv9	gv10	gv11	gv12	gv13	gv14	gv15	gv16	gv17	gv18	gv19	gv20	gv21	gv22
35 Largo de las bracteólas	999	999	999	999	2.9	3.14	999	3.69	999	999	999	999	999	999	999	2.9	3.14	999	3.69	999
36 Ancho de las bracteólas	999	999	999	999	1.07	1.3	999	1.47	999	999	999	999	999	999	999	1.07	1.3	999	1.47	999
37 Longitud del pedicelo	1.87	2.09	3.16	3.78	1.79	3.11	3.25	2.33	2.71	2.28	2.01	1.87	2.09	3.16	3.78	1.79	3.11	3.25	2.33	2.71
38 Largo del caliz	2.36	1.82	3.24	3.55	2.75	3.26	3.72	3.15	3.65	3.22	2.75	2.36	1.82	3.24	3.55	2.75	3.26	3.72	3.15	3.65
39 Ancho del caliz	2.51	3.49	6.47	5.76	3.52	4.61	5.51	4.56	6.58	3.31	2.78	2.51	3.49	6.47	5.76	3.52	4.61	5.51	4.56	6.58
41 Largo de las alas	16.89	17.6	22.85	22.72	21.12	25.3	24.24	17.32	31.07	19.43	15.57	16.89	17.6	22.85	22.72	21.12	25.3	24.24	17.32	31.07
42 Ancho de las alas	9.4	8.59	15.51	10.26	8.18	10.29	12.76	8.47	12.28	8.95	7.84	9.4	8.59	15.51	10.26	8.18	10.29	12.76	8.47	12.28
43 Largo de la quilla	15.35	16.09	22.61	19.47	17.17	20.41	20.9	14.69	23.88	15.54	14.69	15.35	16.09	22.61	19.47	17.17	20.41	20.9	14.69	23.88
44 Ancho de la quilla	6.35	6.88	12.08	8.83	6.76	9.35	11.06	8.43	11.19	7.11	5.94	6.35	6.88	12.08	8.83	6.76	9.35	11.06	8.43	11.19

