

6
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ZARAGOZA

DETERMINACION DEL CARIOTIPO DE ALGUNAS ESPECIES DEL GENERO
Sophora L. sens. lat. (FAMILIA: LEGUMINOSAE)

T E S I S
Q U E P R E S E N T A N
P A R A O B T E N E R E L T I T U L O D E
B I O L O G O
M A R I A D E L C A R M E N B E R N A L G O N Z A L E Z
M A R I A P A T R I C I A M A R T I N E Z A L M E R A Y A

MEXICO. D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1989



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

	Pag.
RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	1
CITOGENETICA.....	3
TAXONOMIA.....	19
PALINOLOGIA.....	31
QUIMIOTAXONOMIA.....	37
ETNOBOTANICA.....	48
OBJETIVOS E HIPOTESIS.....	53
MATERIALES Y METODOS.....	54
RESULTADOS.....	63
DISCUSION.....	70
CONCLUSIONES.....	75
BIBLIOGRAFIA.....	76
APENDICES.....	84

RESUMEN

En este estudio se llevó a cabo la determinación del número básico (x), número cromosómico ($2n$) y el análisis cariotípico de algunas especies del género Sophora L.: Sophora konzattii Standl. (sección Oresbios Rudd), S. japonica L. y tres especies nuevas para la ciencia (sección Styphnolobium (Schott) Yakovl.), encontrándose para todas ellas un $x=14$, un $2n=28$ y un cariotipo muy similar. También se determinaron para: S. tomentosa L. (sección Aigialodes Rudd), S. secundiflora (Gómez-Ortega) Lag. ex DC. (sección Calia (Berlandier) Kudd) y S. velutina Lindl. var. zimbabweensis Gillet et Brummitti (sección Disemaea (Lindl.) Yakovl.), observando un $x=9$ y un $2n=18$. Los cariotipos de S. tomentosa y S. velutina var. zimbabweensis resultaron muy semejantes pero diferentes al de S. secundiflora. Excepto para S. japonica, S. tomentosa y S. secundiflora, es la primera vez que se informa del x , $2n$ y cariotipo para las demás especies estudiadas.

Considerando los estudios taxonómicos, citológicos, palinológicos y químicos se apoya la idea de ubicar a S. konzattii (sección Oresbios) y a las especies comprendidas en la sección Styphnolobium como género Styphnolobium.

...PORQUE CADA SER, POR INSIGNIFICANTE, RARO O PELIGROSO QUE PAREZCA FORMA
PARTE DEL MILAGRO MAS GRANDE DE TODOS:

V J V I R

INTRODUCCION

En el territorio mexicano encontramos representados prácticamente todos los grandes biomas descritos para la superficie terrestre. Esta gran diversidad no se debe solamente a que las condiciones fisiográficas, geológicas y climáticas presenten una amplia gama de variación y combinaciones, sino también al hecho de que la vegetación de México participe de los tipos meridionales sudamericanos, como de los boreales norteamericanos-eurasiáticos y, al mismo tiempo, tiene algunos únicos en su género, probablemente de origen autóctono (Rzedowski, 1981). Es por ello que México constituye un centro de origen y diversificación de considerable importancia para un gran número de especies vegetales, tanto cultivadas como silvestres, que presentan una gran variabilidad con un enorme potencial genético (Kato, 1978).

El conocimiento de la flora del país a pesar de que los trabajos realizados al respecto aumentan día con día, no es ni con mucho perfecto o completo, por lo que se requiere realizar estudios integrales en todos los niveles y bajo diferentes enfoques científicos: procurando obtener los conocimientos suficientes que nos permiten determinar, en una forma precisa, las características biológicas y la importancia ecológica de las plantas que conforman nuestra flora, lo que finalmente habrá de conducirnos hacia un mejor manejo y una explotación adecuada de nuestros recursos (Kato, 1978).

Un enfoque formal y completo debe ser realizado mediante la investigación conjunta de las especies bajo diversos enfoques científicos. Un área multidisciplinaria y compleja con este enfoque es la Biosistemática, que es el estudio taxonómico de organismos desde el punto de vista de poblaciones en vez de individuos, que permiten analizar el comportamiento reproductivo-genético y ofrecen un adecuado panorama de las variaciones de sus integrantes y de los procesos evolutivos que ocurren dentro de estas poblaciones (Stace, 1980; Sota, 1982). Integra estudios anatómicos, morfológicos, palinológicos, ecológicos, citogenéticos, bioquímicos, etc., es decir, involucra todas las disciplinas dentro de la biología además de otras como la estadística, ayudando en algunos casos a resolver problemas

que difícilmente pueden ser resueltos a nivel de la macromorfología.

"La Historia de la Tierra está registrada en sus costas; la historia de los organismos vivientes está inscrita en los cromosomas".

H. KIHARA, 1947

CITOGENETICA

La citogenética es, históricamente, una ciencia integrada en su origen por la genética y la citología, que relaciona los hechos descritos por la genética con los fenómenos que ocurren dentro de la célula, básicamente en el núcleo celular, donde se encuentran los cromosomas que contienen el material hereditario de un organismo, es decir, en ellos se localizan las partículas hereditarias o genes que son las unidades o factores mendelianos. Esta teoría es conocida como hipótesis cromosómica o hipótesis de Sutton-Boveri, y constituye la base de lo que actualmente se conoce como la teoría cromosómica de la herencia (Swanson *et al.*, 1968; Sáez y Cardoso, 1978; Lacadena, 1985).

A Waldeyer se debe el haber llamado cromosomas a las partes más importantes del sistema celular (Sáez y Cardoso, 1978). Stebbins (1971) y Lacadena (1985) consideran que la función esencial de los cromosomas es conservar, transmitir y expresar la información genética que contienen.

COMPOSICION QUIMICA DE LOS CROMOSOMAS

Químicamente los cromosomas de eucariotes están formados por la asociación de macromoléculas diferentes, tales como son el ácido desoxirribonucleico (ADN), el ácido ribonucleico (ARN), las proteínas histónicas básicas, proteínas no histónicas ácidas y lípidos (Lacadena, 1981). De todas estas sustancias, el ADN es el almacén de la información genética, y por lo tanto, el componente estable del cromosoma. En cambio, el ARN y las proteínas cromosómicas son moléculas que provienen de la actividad génica y están implicadas en la modulación de dicha actividad (Bianchi, 1978).

El ADN es una macromolécula compuesta fundamentalmente por cuatro bases nitrogenadas: dos purinas, de estructura en doble anillo que son la adenina (A) y la guanina (G), y dos pirimidinas, de estructura de anillo simple que corresponden a la citosina (C) y a la timina (T). Estas bases están asociadas a una pentosa, desoxirribosa, y a una molécula de ácido fosfórico. Cuando la base nitrogenada está unida al carbono uno de la

ribosa, forma, lo que se conoce con el nombre de nucleósido. Cuando, a su vez, el fosfato está unido a la ribosa por el carbono cinco, se le llama nucleótido. Los nucleótidos entre sí están unidos por los fosfatos que se unen en las posiciones tres y cinco de las ribosas por puentes fosfodiéster. Como el carbono dos de la desoxirribosa no presenta ningún oxígeno, la única posibilidad es que la molécula sea un largo polímero ramificado (Sáez y Cardoso, 1978).

MITOSIS

Son los cromosomas entidades permanentes del núcleo celular, el hecho que se presenten bajo diferentes aspectos depende del estado fisiológico en que se encuentre la célula; ya sea en forma de delgados filamentos, como ocurre durante la interfase nuclear, o bien como gruesos elementos compactos de forma y tamaño característicos, en las fases finales de la división celular (Sáez y Cardoso, 1978).

En general toda célula tiene esencialmente dos períodos en su ciclo celular: la interfase, en que no se produce división y el período de división donde se efectúa la producción de dos células hijas. Antes de que la célula se divida tiene lugar la duplicación y división de los cromosomas. La división nuclear o cariocinesis es seguida de la división del citoplasma o citocinesis (Sáez y Cardoso, 1978).

En el proceso de división se hallan dos componentes fundamentales que constituyen la división mitótica: el aparato cromático, formado por los cromosomas, y el aparato acromático, constituido por los centriolos y el huso. La mitosis comprende una serie consecutiva de etapas conocidas como profase, metafase, anafase y telofase (Sáez y Cardoso, 1978).

Durante el ciclo celular, definido como el período que transcurre desde el principio de una mitosis al inicio de la siguiente, concurren un conjunto de fenómenos caracterizados por cambios muy especiales en la expresión de los genes. Todas las células somáticas experimentan un ciclo característico de cambios morfológicos y bioquímicos durante dicho período. El ciclo celular de los eucariotes varía considerablemente en duración total, desde unos minutos en algunas células, a varias semanas en otras.

El ciclo celular muestra cuatro fases distintas. El período G1 o presintético es el que comienza inmediatamente después de una división celular; durante el G1 las células son diploides (Lehninger, 1981) y sus cromosomas están constituidos por una sola cromátida, que es la unidad citogenética indivisible (Lacadena, 1985). El período siguiente es la fase S de síntesis del ADN, durante la cual se sintetiza ADN y la cromatina se replica (Lehninger, 1981), es decir, el cromosoma se transforma y consta de dos cromátidas (Lacadena, 1985). Al final de la fase S, las células tienen doble cantidad de cromatina y pasan a la fase G2 o pos-sintético. De la G2 pasan a la mitosis o de distribución del ADN en las células hijas. Los períodos G1 y G2 representan el período de interfase del ciclo celular cuando no se sintetiza ADN. Los cambios de la duración total del ciclo celular son, en gran parte, el resultado de cambios de duración de la G1, que está sometida a un control específico en cada organismo (Lehninger, 1981).

El ADN y las histonas componentes de la cromatina se sintetizan solamente durante la fase S. Por el contrario, las proteínas citoplasmáticas y los orgánulos son sintetizados continuamente durante toda la interfase, esto es, a través de los períodos G1, S y G2. Por otra parte el ARN se sintetiza continuamente en toda la interfase. Sin embargo, durante la mitosis cesa toda síntesis de ADN y ARN; además la síntesis proteica se ve considerablemente reducida (Lehninger, 1981).

MORFOLOGÍA DE LOS CROMOSOMAS

Si se estudian los cromosomas en metafase se encuentran regiones que se diferencian por su morfología. A lo largo de los cromosomas, se reconocen estrechamientos o constricciones, que se dividen en constricciones primarias y en secundarias.

Constricciones Primarias o Centrómero. Desde el punto de vista óptico, esta región se aprecia como una zona del cromosoma menos teñida. Si se estudia mediante técnicas para detectar ADN (Feulgen), se encuentra que su contenido de ADN es menor que en el resto de los brazos cromosómicos. La región centromérica ha sido denominada kinetocoro y cinómero (Sáez y Cardoso, 1973).

Por lo general, cada cromosoma posee un solo centrómero localizado o monocéntrico; si la inserción de las fibras se hace en toda la extensión del cuerpo cromosómico se dice que el centrómero es difuso, y se conoce como holocéntrico (Sáez y Cardoso, 1975).

Constricciones Secundarias. Son estrechamientos cromosómicos constantes en su posición y tamaño pueden ser cortas o largas, en ciertos casos están íntimamente relacionadas con el lugar en que se encuentre el organizador nucleolar (Sáez y Cardoso, 1975).

Esta constricción secundaria se presenta frecuentemente cerca del extremo del cromosoma, de tal manera que el segmento situado más allá de la constricción puede ser del mismo diámetro o menor que el del cromosoma, siendo entonces denominados satélites, estando unido al resto del cromosoma por un delgado filamento (Moore, 1979).

La región organizadora nucleolar (NOR) está constituida por un conjunto de copias de genes que codifican para el ARN ribosómico (ARNr). El número de cromosomas que presentan organizadores nucleolares de cada célula varía de unas especies a otras; habrá por lo menos uno, porque de lo contrario no se produciría la síntesis protéica al no poder sintetizar los ribosomas la maquinaria fundamental para realizar la lectura de los ARN mensajero durante el proceso de traducción (Lacadena, 1985).

El número de cromosomas con satélite en el complemento varía en diferentes organismos y no siempre está correlacionado con el número de nucléolos visibles en la profase, debido posiblemente a su coalescencia (Moore, 1979).

Los extremos de los cromosomas se denominan telómeros, los cuales presentan una característica llamada polaridad que impide que otros segmentos cromosómicos puedan unirse al cromosoma directamente (Sáez y Cardoso, 1978).

CLASIFICACION DE LOS CROMOSOMAS

Los cromosomas se clasifican de acuerdo con la morfología que presentan

durante la metafase y la anafase media, es decir, en base a la posición del centrómero dentro del cromosoma (Sáez y Cardoso, 1978). Levan et al. (1964) han propuesto que la clasificación de los cromosomas por la posición del centrómero no se haga en base de apreciaciones subjetivas, sino basándose en medidas de la longitud de los cromosomas. Establecieron así seis categorías: M, mediano, sensu stricto, como un isocromosoma; m, región media; sm, región submedia; st, región subterminal; t, región terminal y T, terminal, sensu stricto, como en cromosomas telocéntricos.

En base a la clasificación de Levan et al. (1964), Naranjo et al. (1983, 1986), simplifican la metodología para la clasificación de los cromosomas en base a la posición del centrómero, utilizando para ello una plantilla.

DEFINICION DE CARIOTIPO

Cada organismo tiene una naturaleza dualista, pues posee un genotipo, dotación génica completa, aunque no se manifiesten todos los genes, y un fenotipo que resulta de la traducción de los genes del genotipo. El genotipo es parte del acervo génico de la población; el fenotipo compete con otros fenotipos por el éxito en la reproducción (Mayr, 1982).

El cariotipo es el fenotipo del complemento cromosómico, es decir, las características estructurales de los cromosomas incluyendo su número (2n), tamaño y morfología vistos en metafase mitótica y el arreglo de segmentos homólogos como se deduce del apareamiento meiotico (Stebbins, 1971; John, 1976; Dyer, 1979).

Cinco características diferentes son usualmente observadas y comparadas:

1. Diferencias en el tamaño absoluto de los cromosomas.
2. Diferencias en la posición del centrómero.
3. Diferencias en el tamaño relativo del cromosoma.
4. Diferencias en el número básico (x), que se define como el complemento haploide de una serie poliploide.
5. Diferencias en el número y posición de los satélites.

Una sexta característica, son las diferencias en el grado y

distribución de regiones heterocromáticas, que pueden ser estudiadas si las profases mitóticas apropiadas están disponibles (Stebbins, 1971).

DEFINICION DE MUTACION

Los cromosomas proporcionan la base física mediante la cual la estabilidad genética y la continuidad de los individuos y de la población es mantenida. Sin embargo, son también los vehículos para la generación de la variación, esencial para la evolución (Moore, 1979). El material genético es constante, solo puede cambiar por medio de mutación (Mayr, 1982), y la proporción de mutaciones espontáneas, tanto cromosómicas como génicas, es relativamente baja (Sáez y Cardoso, 1978).

En sentido amplio, mutación es todo cambio en el genotipo que no se deba a recombinación de genes. Las mutaciones de los genes se deben a alteraciones en el seno de los materiales genéticos; las aberraciones cromosómicas implican pérdida, multiplicación o reagrupamiento de genes en los cromosomas. (Dobzhansky, 1975).

TIPOS DE MUTACION

I. Mutaciones de los genes o mutaciones puntuales, son los cambios causados por sustitución, adición o eliminación de nucleótidos dentro de una sección del ADN o ARN de un gen (Dobzhansky, 1975). Las mutaciones puntuales sencillas pueden dividirse en cuatro clases principales, basándose en el cambio introducido en el ADN por el agente mutagénico.

1. Mutaciones transicionales, un par purina-pirimidina es substituido por otro, esto es A-T por G-C, o G-C por A-T. Ocurren espontáneamente pero también pueden inducirse mediante análogos de las bases.
2. En las mutaciones transversionales un par purina-pirimidina es substituido por un par pirimidina-purina. Son comunes en las mutaciones espontáneas.
3. Inserción de un par de bases extras. Se puede inducir.
4. Supresión de una o más bases del ADN. Se puede inducir.

No todas las mutaciones puntuales del ADN son necesariamente

letales, a este tipo se les llama mutaciones silenciosas, de esta clase son las transicionales y las transversionales. Las que corresponden a mutaciones letales son del tipo de la inserción y supresión (Lehninger, 1981).

II. Cambios cromosómicos estructurales que afectan el modo de agruparse de los genes en los cromosomas.

1. Cambios debidos a pérdida o reduplicación de algunos de los genes.

a. Deficiencia o Delección. Es cuando hay pérdida de un segmento del cromosoma.

b. Duplicación. Es cuando hay aumento de un segmento del cromosoma.

2. Cambios debidos a una alteración en el agrupamiento de los genes.

a. Inversión. El reordenamiento intracromosómico es por rotación de 180 grados de un segmento que invierte el orden de los genes en el cromosoma.

b. Translocación. Es el reordenamiento intercromosómico por intercambio de segmentos entre cromosomas no homólogos.

III. Cambios numericos que afectan el número de los cromosomas.

1. Fusión Céntrica. Las fusiones son translocaciones de brazos casi enteros de cromosomas telocéntricos o acrocéntricos con fracturas muy cerca o en el mismo centrómero, lo que da origen a un cromosoma metacéntrico y a un pequeño fragmento céntrico que tiende a ser eliminado. De este modo se incorpora un tipo nuevo de cromosoma al mismo tiempo que se produce una disminución del número cromosómico del cariotipo de una especie.

2. Fisión Céntrica. Las fisiones o disociaciones consisten en la formación de dos cromosomas acrocéntricos a partir de un metacéntrico, ya sea por simple fisión del centrómero del metacéntrico para originar dos telocéntricos o acrocéntricos, o bien por disociación de un metacéntrico grande y un fragmento céntrico donador supernumerario que se translocan para formar dos acrocéntricos. La fusión implica, de acuerdo con las interpretaciones clásicas, la pérdida de un centrómero y dos telómeros del cariotipo, en tanto que en la disociación aumenta un número equivalente de segmentos, o sea un centrómero y dos telómeros, es decir, de un metacéntrico se forman dos

acrocéntricos en el cariotipo.

3. Haploidía. Condición del individuo cuando tiene un solo juego de cromosomas (n).
4. Aneuploidía. Organismos o células que tienen uno o algunos cromosomas más o menos que el número básico de la especie (Sáez y Cardoso, 1978).
5. Poliploidía. Los poliploides son organismos que presentan tres o más complementos haploides. Ellos surgen de duplicaciones en las células somáticas, o a través de la fusión de gametos citológicamente no reducidos. Las células poliploides son frecuentemente encontradas entre las células diploides en los tejidos vegetativos de la mayoría de las plantas. A partir de esas células poliploides ocasionalmente se desarrollan ramas poliploides, producción de gametos diploides y eventualmente individuos poliploides. Los gametos diploides pueden también producirse como un resultado de falla en la meiosis durante la esporogénesis. Las especies diploides regularmente producen un pequeño porcentaje de gametofitos diploides, pero ellos son generalmente eliminados en competencia con los haploides normales (Wet, 1971).
 - a. Autopoliploide. Se define como tal al individuo que presenta más de dos conjuntos monoploides característicos de la especie.
 - b. Alopoliploide. El organismo presenta más de dos conjuntos monoploides, provenientes de diferentes especies (Sáez y Cardoso, 1978).

Si estas mutaciones se producen en las células germinales del organismo, se transmitirán a la generación siguiente (Ayala, 1982).

LA MUTACION EN LA EVOLUCION

Los incrementos o decrementos en la evolución del material hereditario se producen sobre todo mediante duplicación o deleciones de segmentos de ADN; a continuación, los segmentos duplicados pueden evolucionar para cubrir funciones nuevas, mientras que los segmentos preexistentes conservan la función original (Ayala, 1982).

Las fuerzas que originan las mutaciones génicas operan aleatoriamente, en el sentido de que las mutaciones genéticas se producen sin que exista ninguna relación con su futura adaptabilidad al ambiente. Al parecer la mayoría de cambios evolutivos se producen por acumulación gradual de mutaciones, acompañadas por transiciones lentas en las características físicas de los individuos de la población (Ayala, 1982).

El número total de cromosomas puede incrementarse por duplicación o puede reducirse por fusión. Puede perderse un segmento de un cromosoma y puede también insertarse un fragmento extraordinario; puede separarse un segmento, invertirse y volver a insertarse. Puede transferirse un segmento de un cromosoma a otro y pueden intercambiarse fragmentos distintos (Ayala, 1982).

Todas estas aberraciones cromosómicas alteran la organización de los genes y aportan la materia prima para los cambios evolutivos (Ayala, 1982).

TEORIAS SOBRE LA EVOLUCION DEL CARIOTIPO:

Levitzy (1931) desarrolló el concepto de simetría contra asimetría al comparar la morfología de los cariotipos. Define a un cariotipo simétrico como aquel en el cual todos los cromosomas tienen aproximadamente el mismo tamaño y son metacéntricos o submetacéntricos. El incremento de la asimetría puede presentarse a causa del cambio en la posición del centrómero, esto debido a las inversiones pericéntricas y translocaciones desiguales, pasando de metacéntrico a subteloecéntrico o telocéntrico; o a través de la acumulación de diferencias en el tamaño relativo de los cromosomas del complemento, causado por translocaciones desiguales, formando así cariotipos más heterogéneos. Estas dos tendencias no están correlacionadas necesariamente una con otra (Stebbins, 1971).

Para entender el significado de la simetría del cariotipo, se debe observar la relación entre incremento de asimetría y otras características citológicas, ecológicas y morfológicas (Stebbins, 1971).

La mayoría de los géneros de plantas leñosas de zonas templadas, tales como Quercus, Populus, Alnus, Ulmus, Acer, Viburnum, Ceanothus,

Arctostaphylos y Vaccinium, así como géneros de plantas leñosas de zonas tropicales como Acacia, Ilex y Citrus, tienen cariotipos constantes, y sus cromosomas son pequeños, por lo que sus cariotipos son difíciles de analizar (Stebbins, 1971).

Entre los géneros herbáceos, los cuales tienen cromosomas de tamaño medio a grande, la gran mayoría contiene variaciones entre las especies con respecto al cariotipo. En ellas se pueden reconocer cuatro patrones de variación:

1. En el género Crepis, el incremento de la asimetría del cariotipo está asociado con la disminución del número cromosómico y con el incremento en la especiación con respecto a ciertas características morfológicas.
2. Un patrón mucho menos común, es en el cual el incremento de asimetría está asociado con el incremento del número cromosómico y al menos algunas características más especializadas, esta situación se encuentra en Claytonia, Brodiaea, y parientes en las Liliaceae y ciertos géneros de Euphorbiaceae (Cephalaria-Succisa).
3. Otro patrón es cuando dos diferentes números cromosómicos básicos están asociados con pocas diferencias en la simetría del cariotipo. Este patrón existe en Anemone, Ranunculus y Allium.
4. Finalmente hay algunos géneros que tienen un número cromosómico básico, pero con variación entre las especies con respecto a la simetría del cariotipo. El mejor conocido de estos es Aegilops (Stebbins, 1971).

Estos patrones pueden ser explicados por la suposición de Levitzky (1951), de que hay una dirección predominante en las plantas con flores hacia incrementar la simetría del cariotipo. Esta dirección es claramente evidente y ha sido cuidadosamente estudiada en Crepis y otros géneros de la Compositae como Aster y Haplopappus (Stebbins, 1971).

En la Ranunculaceae, tribu Helleboreae, los cariotipos altamente asimétricos encontrados en Delphinium y Aconitum están asociados con flores zigomorfas más especializadas, mientras que otros géneros de esta misma tribu tienen cariotipos menos asimétricos, tales como Caltha, Trollius, Cimicifuga y Nigella, que tienen flores menos especializadas (Stebbins,

1971).

La dirección hacia el incremento de la asimetría del cariotipo no es de ningún modo irreversible. Los cromosomas metacéntricos pueden formarse a través de la fusión de dos cromosomas acrocéntricos o telocéntricos. Este proceso es bien conocido y frecuente en varios grupos de animales, particularmente en insectos. En plantas es menos común, pero existen algunos ejemplos como: Lycoris (Amaryllidaceae), nativa del este de Asia (Stebbins, 1971).

El incremento de asimetría resulta de inversiones pericéntricas y translocaciones desiguales de porciones de brazos cromosómicos. Esto puede suceder sin cambiar el número de centrómeros o de cromosomas independientes. No obstante, para convertir cromosomas metacéntricos a acrocéntricos, las inversiones pericéntricas pueden reducir el número fundamental de brazos cromosómicos bien desarrollados (Stebbins, 1971).

Por otro lado, las fusiones céntricas entre cromosomas acrocéntricos o telocéntricos dan cromosomas metacéntricos, siempre consiste de la transferencia de los brazos completos. Consecuentemente, se produce inevitablemente una reducción en el número de centrómeros y cromosomas, mientras que deja el número fundamental inalterado (Stebbins, 1971).

En algunos ejemplos de plantas, cuando se observa una dirección a la asimetría, el cariotipo más simétrico es el más primitivo y los cariotipos más asimétricos son derivados (Stebbins, 1971).

Considerando únicamente a las angiospermas, la hipótesis más probable es de que la dirección predominante en los cariotipos ha sido hacia el incremento de la asimetría, aunque varias reversiones de esta dirección deben haber ocurrido (Stebbins, 1971).

En opinión de Jones (1972) no hay razón para mantener que la forma del cromosoma o el patrón del cariotipo dicte el progreso de la evolución en el camino que muchos parecen aceptar. En cada grupo de plantas el análisis de la morfología del cariotipo debe ser integrado con el estudio de otros aspectos del organismo, de los cuales, si se es afortunado, se

podrá determinar, o por lo menos proponer la dirección o direcciones que los cromosomas han tomado durante su diferenciación.

La fusión céntrica puede generar variación dentro de las especies y producir diferencias entre ellas. Aún cuando esta ocurre en un amplio número de especies animales, de insectos a mamíferos, ha parecido que su influencia en la evolución de plantas no ha sido de la misma magnitud, sin embargo, existen pocos reportes en los cuales la fusión céntrica acompaña o inicia la especiación en plantas. Los cromosomas acrocéntricos son el punto necesario que inicia el proceso de fusión y los cromosomas metacéntricos su final (Jones, 1978).

Jones (1978) ha encontrado que la fusión céntrica ha tenido un papel importante en la evolución de algunas especies de la familia Commelinaceae, como en Gibasia schiedeana, G. linearis, Cymbispatha y Zebrina. Lo mismo observó García (1984) en Zebrina pendula. Además existen varios casos donde la comparación de especies sugiere que la fusión ha jugado parte en su evolución, pero no han sido sujetas a un análisis detallado (Jones, 1978).

CITOTAXONOMIA

Desde fines del siglo pasado en que se vio que el número de cromosomas puede ser constante para cada especie vegetal, se inicia el análisis de los números cromosómicos en busca de un elemento importante que permita aclarar el concepto de especie (Krapovickas, 1972).

Las características cromosómicas utilizadas son su $2n$, x y su morfología. la morfología de los cromosomas puede suministrar información muy valiosa para establecer diferencias y relaciones de parentesco, al compararse los cariotipos (Krapovickas, 1972).

Raven (1975) ha apuntado, que lo más importante en la aplicación de la información cromosómica en las consideraciones filogenéticas primero es deducir el número cromosómico básico original del grupo en cuestión. Cuando se encuentran diferentes números básicos en especies relacionadas, significa que se tienen géneros distintos (Löve y Löve, 1974), siempre y cuando esta información se relacione y concuerde con algunas

características morfológicas (Moore, 1968). Un ejemplo de ello lo proporcionaron Raven y Lewis (1960) cuando confirmaron la separación de Hauya Mol. et Sessé ex DC. y Xylocnaga Donn. Sm. et Rose (Onagraceae), al encontrar que los dos géneros tienen diferentes números básicos, $x=10$ y $x=7$, respectivamente, y posteriormente en el material de herbario observaron diferencias en el tejido esporogénico de las anteras.

En varios casos los estudios de la morfología del cariotipo han proporcionado la manera de un nuevo y completo entendimiento de las relaciones sistémicas dentro de un grupo mayor de plantas, y de una completa reorganización del sistema taxonómico del grupo (Stebbins, 1971).

En algunos géneros los estudios citológicos han ayudado al entendimiento de relaciones filogenéticas que existen entre ellos, tal es el caso de Oxvrvnchus (Palomino y Mercado, 1983), Salvia (Palomino et al., 1986), Datura (Palomino et al., 1988) y Echeandia (Palomino y Romo, 1988).

INFORMACION CITOLOGICA DE LA FAMILIA LEGUMINOSAE

Los números cromosómicos han proporcionado información de gran valor en corregir y mejorar la clasificación de las leguminosas, y en el entendimiento de la evolución en la familia. Se considera que esta familia tiene un número básico de $x=7$, con $x=14$ establecido tempranamente en su evolución, con posteriores aneuploidias para disminuir números diploides en tribus especializadas (Goldblatt, 1981a).

Las tres subfamilias de las leguminosas que son: Mimosoideae, Faboideae y Caesalpinioideae (excepto Cercis) tienen probablemente un ancestro poliploide. La fase inicial de poliploidia es probablemente muy antigua y puede haberse presentado a finales del cretácico, donde los grupos mayores de las leguminosas empezaron a diferenciarse y probablemente poblaron los nuevos habitats (Goldblatt, 1981a).

La subfamilia Mimosoideae, es de origen tetraploide con $x=14$ y $x=13$ (Raven, 1975).

para Caesalpinoideae, $x=7$, deberá ser el principal número básico, con la retención del diploide ancestral solamente en Cercis. La poliploidía aparentemente viene a establecerse tempranamente en la evolución de la subfamilia con $x=14$ en una línea y $x=12$ en una segunda línea derivada y más especializada. La aneuploidía limitada, disminuyendo el número básico, es evidentemente en la mayoría de las tribus (Goldblatt, 1981a).

En la subfamilia Faboideae, encontramos la tribu Sophoreae la cual comprende géneros no muy especializados, parece consistir de un número de linajes antiguos. Este es un grupo grande, y contiene remanentes vivientes de los antecesores de varias tribus más especializadas de la subfamilia. No es sorprendente que contenga la variabilidad citológica de todos los representantes de la subfamilia, con un intervalo de números básicos de $x=14$ hasta $x=8$, y el género Sophora L. en un sentido amplio, tiene números cromosómicos de $2n=36, 28, 22, 18$ y 16 (Tabla 1). El número básico más probable para la tribu, y consecuentemente para el resto de las Faboideae es de $x=14$. A semejanza de las Mimosoideae, las Faboideae pueden haber tenido un origen poliploide, más probablemente del tronco Caesalpinoideae poliploide, aunque la posibilidad de un número básico ancestral del nivel poliploide de $x=7$ (8 o 9), ahora extinto o no descubierto, no puede ser excluido. Ninguna de las Sophoreae existentes, con números básicos bajos, en el intervalo de 7-9, parece adecuado al concepto de antiguos diploides relictos, y principalmente mayor es la probabilidad de derivados aneuploides del tronco poliploide (Goldblatt, 1981a).

En Sophoreae, Sophora japonica L., S. affinis Torr. et Gray y Cladrastis lutea, todas arborescentes, tienen $2n=28$. Resumiendo, esta tribu probablemente tuvo origen poliploide con $x=14$. Posteriormente su evolución ha comprendido descendencia aneuploide con la diferenciación de líneas distintas en la tribu (Goldblatt, 1981a).

TABLA 1. Números cromosómicos informados en la literatura para el género Sophora L. (Federov, 1974; Goldblatt, 1981b, 1984, 1988).

Especie	Gaz. n	Espor. 2n	Referencia
<u>S. acuminata</u> Benth	11		Mehra y Hans, 1969, 1973; Mehra, 1976.
<u>S. affinis</u> Torr. et Gray		28	Goldblatt, 1981.
<u>S. alopecuroides</u> L.		36	Chuxanova, 1967; Lessani y Chariat-Panah, 1979; Ma et al., 1985.
<u>S. angustifolia</u> Sieb et Zucc.		18	Kawakami, 1930.
<u>S. arizonica</u> Wats.		18	Goldblatt, 1981.
<u>S. chinensis</u>		28	Kawakami, 1930; Tschechow, 1931.
<u>S. chrysophylla</u> (Salisb.) Seem.		16	Skottsberg, 1955.
<u>S. davidi</u> Komar		16	Tschechow, 1931.
<u>S. flavescens</u> Ait.		18	Tschechow, 1931; Kodama, 1977; Hsu y Huang, 1955.
		23	Nagl, 1962.
<u>S. gibbosa</u> (DC.) Yakovl.	9		Al-Mayah y Al-Shehbaz, 1977.
<u>S. griffithii</u> Stocks	9		Aryavand, 1975.
ssp. <u>hortensis</u> (Boiss. et Buhse) Yakovl.			
<u>S. interrupta</u> Bedd.	9	18	Bir y Kumari, 1977, 1978.
<u>S. japonica</u> L.		26	Vachova y Ferakova, 1980.
		28	Tschechow, 1931; Wang, 1940; Berger

TABLA 1. Continuación.

Especie	Gam. n	Espor. 2n	Referencia
			<u>et al.</u> , 1958; Fernandes <u>et al.</u> , 1977;
			Goldblatt, 1981.
<u>S. koreensis</u> Nakai		22	Goldblatt, 1981.
<u>S. leuciflora</u> Peck		36, 54	Crowder, 1979.
<u>S. microstylis</u> Ait.		18	Atchison, 1949; Rattenbury, 1957; Hair y Beuzenberg, 1966.
<u>S. mollis</u> Grah.	9	18	Bir y Kumari, 1973, 1977.
<u>S. moortroftiana</u> (Grah.) Benth. ex Baker		16	Lechtova-Trnka, 1931.
<u>S. occidentalis</u> L.		18	Mangenot y Mangenot, 1952, 1962.
<u>S. pachycarpa</u> Schrenk ex C. A. Mey		36	Chuxanova, 1967.
<u>S. prodanii</u> Anders		36	Tarnavarschi, 1948; Tarnavarschi v Lungeanu, 1970, 1973.
<u>S. prostrata</u> J. Buch.		18	Rattenbury, 1957; Hair y Beuzenberg, 1966.
<u>S. secundiflora</u> (Gómez-Ortega) Lag. ex DC.	9	18	Atchison, 1949; Bir y Kumari, 1973, 1979; Sanjappa y Dasgupta, 1981.
<u>S. tetraptera</u> Mill.		18	Atchison, 1949; Rattenburg, 1957; Hair y Beuzenberg, 1966.
<u>S. tomentosa</u> L.		18	Atchison, 1951; Pal, 1964; Sharma, 1970.
<u>S. toromiro</u> (Phil.) Skottsberg		18	Skottsberg, 1955.

"Jamás dice la naturaleza una cosa y otra la sabiduría".

JUVENAL (60-140, d.C.)

TAXONOMIA

El género Sophora L., cuyo nombre proviene del árabe Sophero (Vines, 1976), pertenece a la familia Leguminosae o Fabaceae (Cuadro 1), una de las tres familias de plantas con flores, más grandes (Rudd, 1968) y más importantes desde el punto de vista económico, botánico, taxonómico y ecológico (Heywood, 1971).

CUADRO 1. Posición del género Sophora L. (Rudd, 1968, 1972).

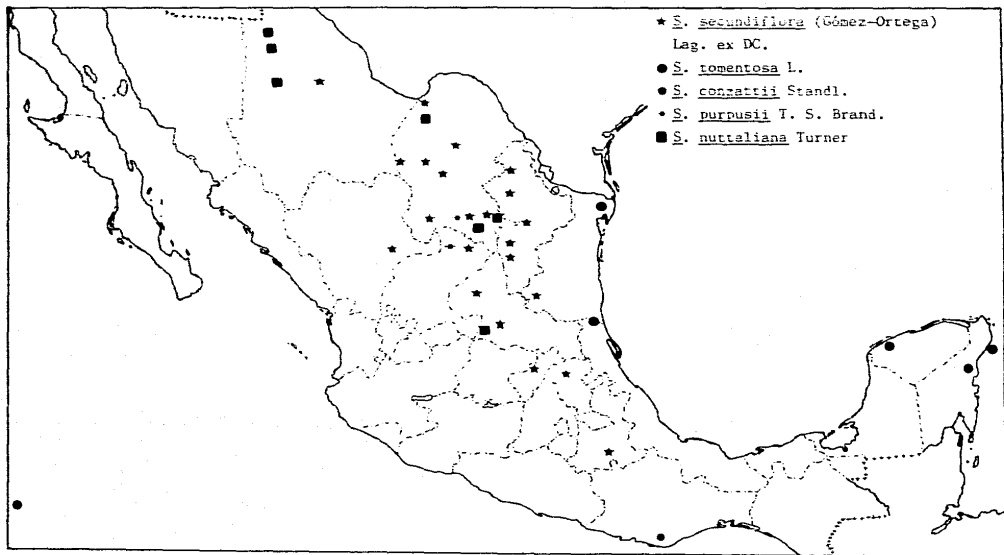
FAMILIA: Leguminosae Jussieu
 SUBFAMILIA: Faboideae
 TRIBU: Sophoreae Sprengel
 GENERO: Sophora L.

Este género se encuentra distribuido en las regiones tropicales y templadas de ambos hemisferios (Rudd, 1968). Más específicamente se encuentra en: Africa, Asia, sudeste de Europa, Australia, Islas del Pacífico, América Central, Antillas, Sudamérica, Estados Unidos (Apéndice I) y México (Fig. 1, Apéndice I) (Yakovlev, 1967; Rudd, 1968).

Polhill (1981) señala de 45 a 50 especies conocidas del género, Rudd (1968) marca alrededor de 75 especies, sin embargo Yakovlev (1967) enlista 40 especies (Apéndice I).

Sus características son las siguientes: árboles, arbustos o hierbas perennes; hojas alternas, imparipinnadas; folíolos alternos a opuestos o subopuestos; estípulas comúnmente lineares a deltoides, caducas, algunas veces faltan; estipelas lineares, pequeñas o ausentes; inflorescencias terminales o axilares, racemosas o paniculadas; flores de 1-4.5 cm de longitud; cáliz campanulado con 5 lóbulos subiguales a truncado, algunas veces subtruncado, en ocasiones giboso, los lóbulos vexilares frecuentemente connados en parte; corola papilionada, amarilla, blanca, o de azul a

FIGURA 1. Distribución del género *Sophora* L. en México (Rudd, 1968).



violeta, glabra, los pétalos de la quilla comúnmente connados en parte; estambres 10, libres o los filamentos unidos en la base, alternativamente subiguales; anteras elipsoides, dorsifijas, alrededor de 1 mm de longitud; estilo esencialmente recto, estigma diminutamente capitular-penicilado; fruto de dehiscencia a indehiscencia, 1-8 (-15) semillas, algunas veces toruloso, moniliforme o raramente comprimido lateralmente; semillas esféricas o subelipsoides, rojas a marrón, o amarillentas, el hilo lateral o subapical, elíptico u orbicular o suborbicular. Número cromosómico $n=8$, 9, 14 y 18 (Rudd, 1968, 1972; modificada por Sousa, com. pers., 1987).

El género Sophora es grande y variable, por lo que ciertas especies parecen pertenecer a géneros diferentes (Rudd, 1972). Esta heterogeneidad ha sido y es un punto de discusión entre los taxónomos, en relación a los siguientes aspectos: que especie debe ser considerada como el tipo genérico, en cuantas secciones se debe dividir el género y el cambio o elevación de algunas secciones a géneros.

Britton y Brown (1913) consideran a Sophora alopecuroides L. como el lectotipo genérico, porque es en esta especie en la que Linneo basa su concepto original del género. Sin embargo, Hitchcock y Green (1947), así como Hutchinson (1964) consideran a S. tomentosa L. como el tipo de Sophora. Para Yakovlev (1972) el lectotipo del género Sophora debe ser S. tomentosa, e indica que la sección tipo del género debe basarse en esta especie si se divide a Sophora en secciones. Sin embargo, para Rudd (1972) el lectotipo es S. alopecuroides a diferencia de Yakovlev (1972) y Polhill (1951).

Por otro lado para DeCandolle (1825) S. alopecuroides es la única especie discordante del género y la segrega a la sección Pseudosophora, colocando a S. tomentosa en la sección Eusophora junto con otras diez especies. Posteriormente Sweet (1930), siguiendo a DeCandolle (1825), nota la naturaleza heterogenea del género de Linneo y lo divide en dos géneros, conservando el nombre de Sophora para la parte del género que contiene a S. tomentosa y da a la sección Pseudosophora la posición de género. Rudd (1968) opina que si se aceptan el concepto genérico de Sweet (1930) y la tipificación de Britton y Brown (1913), Pseudosophora debería ser reducido a Sophora y la verdadera Sophora en el sentido de DeCandolle (1825) podría

ser transferida a los últimos sinónimos del género (Apéndice II) como Styphnolobium, Calia y Zanthysis, y finaliza diciendo que "afortunadamente, excepto para Styphnolobium, el cual es algunas veces reconocido como un género separado, los otros son comúnmente retenidos como sinónimos de Sophora sensu latior".

Yakovlev (1967) hace un estudio del género Sophora, en el cual examina especies de Norteamérica y Asia. En base a esta revisión, él realiza cambios en la taxonomía del género. En principio supone que las especies S. japonica y S. affinis deben ser puestas en un género aparte Styphnolobium Schott (Tabla 2), este cambio se basa en las diferencias morfológicas que presentan los frutos, en los distintos números cromosómicos, $2n=28$ y no $2n=18$ como en las otras especies, en la divergente composición química y en la desigual morfología del embrión. Por otro lado separa a la sección Calia y la nombra género Calia Terán et Berl. (Tabla 2), en la cual incluye a S. secundiflora (Gómez-Oriega) Lag. ex DC. y a cuatro especies más, todas ellas de Norteamérica. En el caso de Calia konzattii (Standl.) Yakovl., Yakovlev (1968) señala que solo existe un ejemplar de herbario y no le fué posible consultarlo, pero supone que esta especie es una subespecie de S. secundiflora, sin embargo, considera que esta propuesta se debe estudiar más cuidadosamente observando al ejemplar tipo. Por último Yakovlev (1967) divide al género Sophora en 11 secciones (Apéndice III).

Para Norteamérica Rudd (1972) describe 5 secciones del género Sophora (Tabla 3). En el caso de S. konzattii Standl. Rudd (1968) no está completamente convencida de que esta especie sea una Sophora, porque los folíolos se parecen a los de Acosmium panamense (Benth.) Yakovl., las flores con pétalos separados se parecen a los de Ormosia Jackson pero carecen de la característica del estigma bilobulado en este género. Por lo que la coloca en la sección Oresbios Rudd (1971) hasta que sea colectado material adicional, especialmente el fruto (Rudd, 1968, 1972).

Tsoong y Ma (1981a, 1981b) realizaron una revisión taxonómica del género Sophora a nivel mundial. Proponen un nuevo sistema considerando las características de la estructura de la legumbre y sus modos de dehiscencia como de primera importancia en la taxonomía del género, así como otras características morfológicas. El sistema que proponen divide

TABLA 2. Sophora L. y géneros afines (Yakovlev, 1967).

Género	Especie Tipo	Características Morfológicas	Especies que lo Integran
<u>Styphnolobium</u> Schott	<u>S. japonicum</u> (L.) Schott	Fruto carnoso, largo, delgado, monili- forme; semillas aplanadas cuando el fruto está verde; el cáliz tiene for- ma de campana.	<u>S. japonicum</u> (L.) Schott <u>S. affine</u> (Torr. <u>et</u> Gray) Walp.
<u>Calia</u> Terán <u>et</u> Berl.	<u>C. secundiflora</u> (Ortega) Yakovl.	El pericarpo del fruto es seco, no tiene partes carnosos, lateralmente comprimido, moniliforme; cáliz campa- nulado o infundibuliforme, conspicua- mente bilabiado.	<u>C. secundiflora</u> (Ortega) Yakovl. <u>C. arizonica</u> (Wats.) Yakovl. <u>C. conzattii</u> (Standley) Yakovl. <u>C. purpusii</u> (Brandege) Yakovl. <u>C. formosa</u> (Kearney <u>et</u> Peebles) Yakovl.
<u>Sophora</u> L.	<u>S. romentosa</u> L.	Fruto seco, moniliforme, más pequeño en comparación con los de <u>Calia</u> , cá- liz campanulado, bilabiado.	38 especies

TARLA 3. Secciones del género Sophora L. que se encuentran en Norteamérica (Rudd, 1972).

Sección	Especie Tipo	Características Morfológicas	Especies que la Integran
<u>Sophora</u>	<u>S. alopecuroides</u> L.	Plantas herbáceas de una raíz leñosa; folíolos cartáceos; estípulas deltoides a lineares; inflorescencias racemosas, terminales; cáliz algo giboso, los dientes evidentes, subiguales en longitud, los lóbulos vexilares <u>connados</u> en parte; corola blanca o azul; fruto toruloso.	<u>S. nuttalliana</u> B. L. Turner <u>S. leuciana</u> M. E. Peck <u>S. stenophylla</u> A. Gray.
<u>Oreshora</u> Rudd (proviene del griego y significa un habitante en la montaña (Rudd, 1971)).	<u>S. conzattii</u> Standl.	Arboles; folíolos coriáceos; inflorescencias racemosas, axilares; cáliz truncado; corola violeta, los pétalos separados; fruto no conocido.	<u>S. conzattii</u> Standl.
<u>Aigialodes</u> Rudd (proviene del griego y significa habitante del mar (Rudd, 1971)).	<u>S. tomentosa</u> L.	Arbustos, algunas veces trepadoras o subcandentes; folíolos subcoriáceos; estípulas lineares-deltoides, caducas o faltan; inflorescencias racemosas, terminales, cáliz truncado o subtrun-	<u>S. albo-petiolulata</u> Leonard <u>S. tomentosa</u> L. subsp. <u>tomentosa</u> subsp. <u>occidentalis</u>

TABLA 3. Continuación.

Sección	Especie Tipo	Características Morfológicas	Especies que la Integran
		cado, corola blanca o amarilla, los pétalos de la quilla normalmente algo connados; fruto toruloso.	(L.) Brummitt. subsp. <u>littoralis</u> (Schrader) Yakovl. subsp. <u>bahamensis</u> <u>S. saxicola</u> Proctor <u>S. polvphvlla</u> Urban
<u>Calia</u> (Berland.) Rudd	<u>S. secundiflora</u> (Gómez-Ortega) Lag. ex DC.	Arbustos o árboles pequeños; folíolos coriáceos; estípulas pequeñas, lineares o deltoides, algunas veces faltan; inflorescencias racemosas, terminales u ocasionalmente axilares; cáliz hiantoide, con dientes bien desarrollados, los dientes vexilares normalmente connados en parte; corola azul a violeta o blanca con marcas purpúrnas; fruto rollizo o lateralmente comprimido.	<u>S. secundiflora</u> (Gómez-Ortega) Lag. ex DC. <u>S. arizonica</u> S. Watson <u>S. gypsophila</u> Turner <u>et</u> Powell <u>S. purpusii</u> T. S. Brandeggee
<u>Styphnolobium</u>	<u>S. japonica</u> L.	Arboles o arbustos deciduos; folíolos	<u>S. affinis</u> Torrey <u>et</u>

TABLA 3. Continuación.

Sección	Especie Tipo	Características Morfológicas	Especies que la Integran
(Schott) Yakovl.		cartaceos; estípulas y estipelas lineares; inflorescencias racemosas o paniculadas, terminales o axilares; cáliz pequeño, los dientes o lóbulos evidentes, subiguales, redondeados o agudos; corola blanca a amarilla pálida, algunas veces matizado con púrpura; fruto moniliforme, algo carnoso.	Gray <u>S. japonica</u> L.

a el género en 2 subgéneros, 7 secciones y 19 series (Apéndice IV).

Polhill (1981) divide al género Sophora en 11 secciones: a. Styphnolobium, b. Calia, c. Cephalostigmaton, d. Disemaea, e. Wightia, f. Sophora, g. Edwardsia, h. Keyserlingia, i. Hammermanniana, j. Vexibia y k. Ammothamnus.

Una característica importante de la sección Styphnolobium es su fruto carnoso (Rudd, 1972) (Tabla 3), esta observación concuerda con Tsoong y Ma (1981a, 1981b) (Apéndice IV) y con Yakovlev (1967) (Tabla 2). Pero solo Yakovlev (1967) habla de género Styphnolobium Schott, aunque no proporciona la suficiente información morfológica en la cual basa este cambio.

Entre 1981 y 1984 personal del Herbario Nacional de México (MEXU) colectaron ejemplares de plantas aún no registradas para México y cuyas características morfológicas hacían pensar en el género Sophora, también colectaron frutos de S. conzattii. Estudiando este material, junto con ejemplares de S. japonica y S. affinis, M. Sousa observa diferencias en las características morfológicas de este grupo de plantas con las características morfológicas del género en sí (Tabla 4, Figs. 2-11), lo que lo hace pensar en dos géneros diferentes: Styphnolobium Schott y Sophora L.

TABLA 4. Diferencias morfológicas observadas entre el género Sophora L. y la sección Styphnolobium (Schott) Yakovl. (Cumbie y Mertz, 1962; Polhill, 1981).

<u>Sophora</u>	<u>Styphnolobium</u>
Fruto seco, dehiscente o indehiscente, con mesocarpo incompleto.	Fruto carnoso, indehiscente, mesocarpo completo.
Semillas aplanadamente elipsoides o globosas; con <u>ra</u> dícula corta.	Semillas oblongo-elipsoides, con endospermo alrededor del embrión; radícula incurva.
Estipelas ausentes.	Estipelas presentes.
Madera con poros difusos.	Madera con poros en anillos.
Alas florales con arrugamientos internervios.	Alas florales sin arrugas.
x=9.	x=14.

FIGURA 2. Frutos de cinco especies del género Sophora L. A. S. sp. (Chamela), B. S. sp. (Molcajac), C. S. japonica L., D. S. affinis Torr. et Gray, todas de la sección Styphnolobium (Schott) Yakovl., E. S. davidii Komar de la sección Hammermannia Yakovl. Se observa que los frutos de las especies A-D son carnosos a diferencia del fruto de la especie E que es seco.

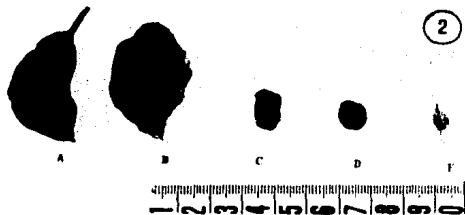
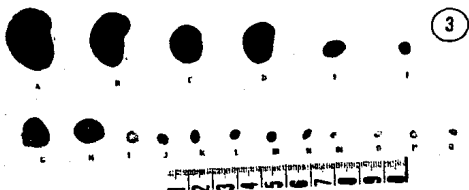
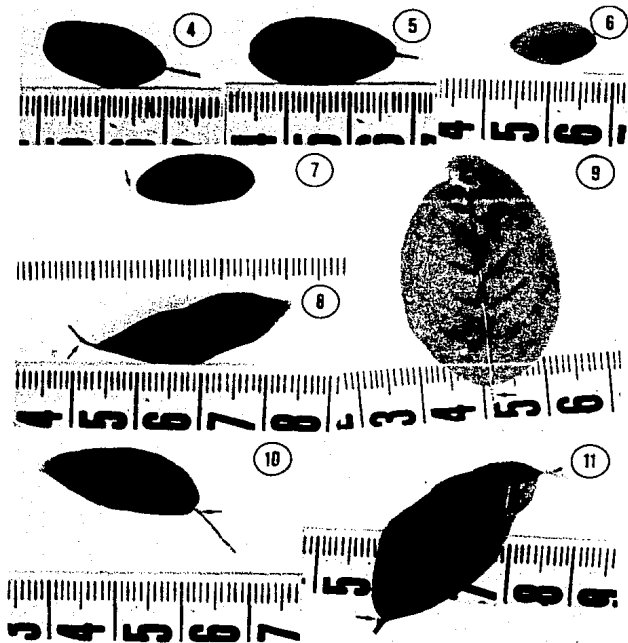


FIGURA 3. Semillas de algunas especies del género Sophora L. A. S. sp. (Tuxtlas), B. S. sp. (Chamela), C. S. conzattii Standl., D. S. sp. (Molcajac), E. S. japonica L., F. S. affinis Torr. et Gray, G. S. secundiflora (Gómez-Ortega) Lag. ex DC., H. S. tetranthera Mill., I. S. microphylla Ait., J. S. tomentosa L., K. S. prostrata J. Ruch., L. S. flavescens Ait., M. S. velutina Lindl. var. zimbabwensis Gillet et Brummitti, N. S. leachiana Peck, Ñ. S. nuttalliana Turner, O. S. davidii Komar, P. S. viciifolia Hance, Q. S. alopecuroides L. Las semillas de las especies A-B, D-F (sección Styphnolobium (Schott) Yakovl.) y C (sección Oresbios Rudd) son elipsoides o globosas, y diferentes de las especies G-Q, que son oblongo-elipsoides.



FIGURAS 4-11. Foliolos de ocho especies del género *Sophora* L.
 4. *S. secundiflora* (Gómez-Ortega) Lag. ex DC., 5. *S. velutina* Lindl.
 var. *zimbabwensis* Gillet *et* Brummitti, 6. *S. flavescens* Ait.,
 7. *S. japonica* L., 8. *S.* sp. (Tuxtlas), 9. *S.* sp. (Chamela),
 10. *S.* sp. (Molcajac), 11. *S. conzattii* Standl. En las especies 4-6 no
 se observan en la base del peciólulo estípelas, a diferencia de las especies
 7-11, en las cuales sí se aprecian las estípelas. Las flechas señalan
 donde se localizan las estípelas.



"El organismo más humilde es mucho más elevado, que el polvo inorgánico que pisamos, y nadie que esté libre de prejuicios puede estudiar el objeto viviente más humilde, sin asombrarse con entusiasmo de su estructura y propiedades maravillosas".

CHARLES R. DARWIN

PALINOLOGIA

Se llama palinología a la parte de la botánica que se dedica al estudio del polen y por extensión también al de las esporas (Gamerro, 1972; Walker y Doyle, 1975; Saenz, 1978), y ha tomado en la actualidad una acepción más amplia, abarcando no solo los elementos antes citados, sino también otros varios organismos o parte de ellos que presentan un tamaño semejante o igual al de la espóra o polen, tales como diatomeas, dinoflagelados, elementos de hongos, radiolarios, etc. (Gamerro, 1972; Walker y Doyle, 1975).

La palinología es una ciencia relativamente joven. En un principio se desarrolló casi exclusivamente como auxiliar de la geología, pero poco a poco se ha independizado y cobrado una entidad propia. Los avances en la microscopía electrónica (microscopio electrónico de barrido, MEB y microscopio de transmisión, MT), han permitido observar estas pequeñas estructuras reproductoras con mayor detalle, lo que ha facilitado el desarrollo de la palinología (Saenz, 1978).

La gran variedad de tipos polínicos hallados en el reino vegetal y la fijeza de los caracteres morfológicos dentro de un mismo taxon, convirtió pronto a la palinología en una fuente de caracteres utilizables en la taxonomía (Saenz, 1978).

Podemos considerar a las esporas y granos de polen como unidades cargadas de información filogenética, funcional y adaptativa. Las características de estas unidades reproductoras son las responsables del aislamiento sexual de las especies entre sí, pues cada cual presenta su estrategia y, por ende, una forma propia. Cada familia de plantas tiene, en sus esporas y polen, una diversidad de formas y estructuras bien definidas (Scagel et al., 1977).

Los principales caracteres del polen que son empleados en un sentido filogenético en niveles taxonómicos superiores son: tipo de abertura, arquitectura de la pared del polen, unidad del polen, polaridad, simetría, forma y tamaño del grano (Walker y Doyle, 1975).

ABERTURAS DEL POLEN

Se conoce con el nombre de aberturas las áreas adelgazadas y especialmente delimitadas de la exina, a través de las cuales generalmente, no siempre, emerge el tubo polínico en el momento de la germinación del grano de polen. Otra función de las aberturas es la harmomegatia (Walker y Doyle, 1975; Saenz, 1978), es decir, el acomodamiento del grano de polen a los cambios de volumen debidos a la humedad ambiental (Wodehouse, 1935; Payne, 1972). Algunas aberturas tienen las dos funciones, otras solamente la de harmomegatia, estas últimas llamadas pseudoaberturas (Walker y Doyle, 1975).

Las aberturas de polen son descritas en base a su número, forma, posición y estructura. En un contexto filogenético evolutivo, la posición de la(s) abertura(s) es de extrema importancia. La evolución de las aberturas en los granos de polen fué uno de los mayores avances de las plantas con semillas, y el tipo de abertura (junto con la pared del polen) constituye una de las características filogenéticas más importantes del polen (Walker y Doyle, 1975).

ARQUITECTURA DE LA PARED DEL POLEN

La cubierta que rodea y protege la espora se llama esporodermis. Sin embargo, este término se aplica también al polen, considerando la microspora de los espermatofitos o plantas con semillas (Saenz, 1978). La esporodermis está constituida por dos paredes: la intina, que limita con la célula polínica, y la exina, que rodea a la intina (Fritzsche, 1937).

Alrededor de la célula viviente se encuentra siempre presente la intina, pared de espesor variable. La intina se destruye con facilidad y en el polen fósil o acetolizado ha desaparecido completamente. En torno a la intina el grano de polen muestra la exina, o pared más externa y resistente de la esporodermis. Su resistencia a la destrucción es una de las mayores dentro del reino vegetal, ya que soporta la acción de los ácidos y las bases concentradas, así como el calentamiento hasta los 300 grados centígrados, siendo únicamente degradada por ciertos oxidantes muy fuertes y por microorganismos. Es en la exina donde radican los principales caracteres para diferenciar las especies (Saenz, 1978).

La exina consta a su vez de dos capas llamadas sexina (externa) y nexina (interna). En la sexina se diferencian tres estratos en el caso de mayor complejidad: tectum, infratectum (báculos) y capa basal. Sobre el tectum puede o no haber una serie de elementos esculturales o relieve que constituyen la ornamentación del polen (Erdtman, 1952).

UNIDAD DEL POLEN

La unidad del polen es el agrupamiento en el cual los granos de polen permanecen unidos hasta la maduración dentro de los lóculos de la antera del estambre (Walker, 1971).

POLARIDAD

Es una cualidad inherente en un cuerpo que tiene partes opuestas o polos y las cuales como una consecuencia tienen un eje principal de simetría (Walker y Doyle, 1975). Los ejes polares de los granos de polen son las líneas que pasan a través de los centros de los granos de polen al centro de la tétrada (o fueron así dirigidos durante la formación de los granos de polen) (Wodehouse, 1935).

SIMETRÍA

Es la cualidad propia de un cuerpo la cual es capaz de dividirse en mitades similares o iguales (Walker y Doyle, 1975). Los granos de polen son asimétricos o simétricos. En el primer caso, que es poco frecuente, pueden tener o no forma definida. En el segundo caso los granos de polen son radiosimétricos o bilaterales (Wodehouse, 1935).

FORMA

Es la configuración espacial de un cuerpo. La forma del grano de polen está relacionada con el tipo de abertura, polaridad y simetría (Walker y Doyle, 1975).

TAMAÑO

El tamaño de un grano de polen se define por las longitudes de sus ejes polar y ecuatorial, medidos ambos ejes con el grano de polen en cortes ópticos meridiano y ecuatorial, respectivamente. Por corte óptico meridiano entendemos el momento en que, estando el eje polar del grano en el mismo plano que la preparación es netamente visible el contorno de la exina. El corte óptico ecuatorial se define como el momento en que, con el grano en vista polar, es decir, situado el eje polar perpendicularmente a la preparación, el relieve del contorno alcanza su máximo de nitidez (Saenz, 1978).

Dado que los tratamientos químicos previos pueden hacer variar los resultados, como sucede, por ejemplo, si un grano de polen está seco o embebido, en cuyo caso su anchura es diferente, es aconsejable asimismo que las medidas se realicen sobre granos acetolizados observados con el microscopio óptico (Saenz, 1978).

El tamaño del grano de polen es un buen carácter taxonómico, ya que en general permanece constante dentro de la misma especie. Va íntimamente ligado al número cromosómico, tal como lo demuestra el hecho de que los poliploides posean en general un polen de mayor tamaño (Saenz, 1978). Sin embargo, estudios realizados por Bir y Sidhu (1980) en 113 especies de angiospermas que crecen como hierbas en áreas cultivadas, indican que existe poca relación entre la poliploidía y el tamaño del grano de polen.

INFORMACION PALINOLOGICA DE LA SUBFAMILIA FABOIDEAE

La morfología de los granos de polen en la subfamilia Faboideae no ha sido muy estudiada (Ferguson y Skvarla, 1981). Sin embargo, uno de los trabajos que hay sobre la morfología del polen de esta subfamilia es el de Bir y Sidhu (1980), en el cual ellos mencionan que todas las especies de esta subfamilia estudiada por ellos poseen granos de polen con exina lisa.

El polen de la tribu Sophoreae es bastante diverso, algunos géneros tienen rasgos no especializados, pero otros presentan rasgos especializados y muy diferentes. El polen es generalmente tricolporado con una endoabertura

bien definida, la cual muestra poca variación. El tectum muestra una amplia variación que va del finamente perforado al reticulado rugulado, que es el más común, y el estriado-rugulado que también ocurre. La estratificación de la pared es muy variada. El tectum y la estratificación de la pared parecen que tienen algún valor en la caracterización de los grupos de géneros, los géneros o las especies (Ferguson y Skvarla, 1981).

El grupo Sophora es marcadamente uniforme y no especializado (Ferguson y Skvarla, 1981).

Martínez y Reyes (com. pers., 1986) llevaron a cabo un estudio en los granos de polen de algunas especies del género Sophora, encontrando dos grupos (Tabla 5, Apéndice V). En un primer grupo, formado por: S. secundiflora, S. tomentosa, S. arizonica Wats. y S. macrocarpa Sm., los granos de polen poseen una exina subtectada-microreticulada, con tendencia a reducirse el tamaño de los muros y lúminas hacia los polos, hasta convertirse la exina en tectada-perforada en el área polar; además estos granos son mayores de 20 micras y de forma subsferoidal a prolada. En un segundo grupo, integrado por: S. sp. (Tuxtlas), S. sp. (Chamela), S. sp. (Molcajac) y S. conzattii, palinológicamente se caracterizan por presentar en sus granos de polen una exina subtectada-microreticulada, tanto en las áreas del mesocarpio como del apocolpio, con ejes menores de 20 micras y formas siempre subsferoidales. Además consideran que desde el punto de vista filogenético, el grupo ancestral lo constituye el grupo con exina exclusivamente microreticulada.

S. japonica difiere ligeramente del segundo grupo en la forma del grano de polen el cual es subprolado según un estudio de Serbanescu-Jitariu y Radulescu-Mitroiu (1985), y también en el tipo de retículo que es cerrado (Martínez y Reyes, com. pers., 1986). Una situación semejante presenta S. affinis puesto que su grano de polen es prolado (Tabla 5).

TABLA 5. Análisis de los granos de polen¹ y número cromosómico de algunas especies del género Sophora L.

Especie	Número Cromosómico (2n)	Tipo de Retículo		Tamaño			Forma Relación P/E*
		Cerrado	Abierto	Long. Eje Polar	Long. Eje Ecuatorial	(μ)	
<u>S. secundiflora</u> (Gómez-Ortega) Lag. ex DC.	"18	X		22.9	X 17		1.35
<u>S. tomentosa</u> L.	"18	X		23.96	X 21.3		1.2
<u>S. arizonica</u> Wats.	18	X		22.8	X 16.54		1.38
<u>S. macrocarpa</u> Sm.	18	X		26.0	X 20.34		1.28
<u>S. japonica</u> L.	"28	X		17.3	X 15.24		1.14
<u>S. affinis</u> Torr. et Gray	28		X	22.5	X 14.0		1.61
<u>S. sp.</u> (Tuxtlas)	"28		X	18.89	X 16.98		1.11
<u>S. sp.</u> (Chamela)	"28		X	18.0	X 15.0		1.20
<u>S. sp.</u> (Molcajac)	"28		X	19.55	X 16.59		1.18
<u>S. conzattii</u> Standl.	"28		X	18.64	X 17.56		1.06

*Relación P/E=Long. eje polar/Long. eje ecuatorial. La forma prolada va de 1.33-2.00 y la subesferoidal de 0.75-1.33.

¹Este estudio fué realizado en el Inst. de Geol. U.N.A.M. por el Dr. E. Martínez y la Biol. M. Reyes. Los granos de polen se colectaron de ejemplares de herbario del MEXU.

"Números cromosómicos determinados en este trabajo.

"Los hechos son únicamente los materiales de la ciencia. Dándoles la forma apropiada y combinándolos por analogía, se preparan para construir el edificio del conocimiento de la naturaleza".

L. C. M. RICHARD

QUIMIOTAXONOMIA

La presencia de una sustancia determinada puede dar un indicio de parentesco entre organismos, aunque no siempre sea así, debido a que la presencia y cuantía de la sustancia en un ser vivo puede variar por causas internas como son la fluctuación diaria, estacional u ontogénica, o externa como los diferentes tipos de suelo o clima (Sota, 1982).

Dentro de los compuestos importantes que pueden auxiliar a la taxonomía están:

1. Los metabolitos primarios, son micromoléculas, por ejemplo: ácido cítrico, aminoácidos y azúcares, pueden ser útiles si se estudian cuantitativamente o de la manera en que se almacenan.
2. Metabolitos secundarios, por su presencia restringida son más valiosos para el taxónomo. Ejemplos: alcaloides, grupos fenólicos, terpenoides y carbohidratos. Su valor es juzgado por su distribución y correlación con otros caracteres.
3. Macromoléculas: ADN, ARN, proteínas y polisacáridos, por su naturaleza las macromoléculas deben dar toda la información taxonómica y ser una alternativa al estudio de metabolitos secundarios, morfología, anatomía, etc., dado que estos son las manifestaciones de ellas (Vovides, 1985).

La bioquímica de alcaloides ha sido usada para la clasificación de plantas por más de una década. Sin embargo, estos datos generalmente han sido aplicados a nivel de tribu o a niveles taxonómicos superiores, y se ha sugerido que los datos de los alcaloides no pueden ser usados en la separación de especies dentro de grupos filogenéticos. Estudios previos sobre la química de los alcaloides citisina y matrina, así como de otros alcaloides lupina o quinolicidina, han llevado a una clasificación química de la tribu Sophoreae como una tribu primitiva de la subfamilia Faboideae (Mabry y Mears, 1970, citado por Izaddoost, 1975).

Se sabe que varias especies del género Sophora contienen alcaloides de la serie matrina (Briggs y Taylor, 1938; Raffaui, 1970; Mears y Mabry, 1971; Izaddoost, 1975), los cuales no son encontrados en otros géneros

(Izaddoost, 1975), y Polhill (1981) los menciona como una característica del género.

Izaddoost (1975) realizó un examen del contenido de alcaloides en aproximadamente 25 especies del género Sophora (Tabla 6) y en base a sus resultados sugiere que el género puede ser dividido en cuatro subgéneros de la siguiente forma:

- a. Las especies que contienen únicamente la serie citisina formarían un subgénero, y parecen ser los miembros más primitivos del género, por la presencia de citisina en toda la tribu Sophoreae.
- b. Las especies que contienen ambos alcaloides citisina y matrina forman un segundo subgénero, el cual puede ser considerado más avanzado.
- c. El tercer grupo filogenético es distinguido únicamente por la presencia de los alcaloides matrina.
- d. Un cuarto grupo es caracterizado por la ausencia de esos alcaloides.

En la Tabla 6 se observa que dos especies S. japonica y S. griffithii Stocks se encuentran en dos subgéneros. Esto se debe a que Izaddoost (1975) considera los resultados de estudios realizados en Rusia, que indican la presencia de alcaloides, en estas especies, y los presentados por él que reportan ausencia de alcaloides en ambas.

En base a los alcaloides registrados para algunas especies del género Sophora por Mears y Mabry (1971), se añaden al segundo subgénero o grupo la especie S. chathamica Cock, y al tercer grupo las especies S. subprostrata Chun et T. Chen y S. songorica Schrenk.

Además de los alcaloides que están presentes en la familia Leguminosae y por ende en el género Sophora, se han encontrado en semillas de esta familia dos aminoácidos no comunes, el ácido pipercolico y el ácido 4-hidroxipipercolico, y un dipéptido: el β -glutamiltirosina (Steward y Durzan, 1965; Bell, 1971), en estado libre, es decir, no se encuentran formando parte de una proteína.

Estos compuestos, además del aminoácido β -amino-n-butírico, han sido cuantificados en semillas (excepto para tres casos) de 23 especies del

TABLA 6. División del género Sonchora L. en cuatro subgéneros en base al contenido de alcaloides (Izaddoost, 1975).

Especie	Origen o Fuente	Serie ¹ Citisina	Serie ² Matrina	Número ³
<u>S. nuttalliana</u> Turner	Texas	+	-	1
<u>S. masafuerana</u> (Phil.) Skottsb.	Herbario de la Univ. Calif., Berkeley, California.	+	-	
<u>S. moorcroftiana</u> (Grah.) Benth.	Herbario de la Univ. Calif., Berkeley, California.	+	-	3
<u>S. leachiana</u> M. E. Peck	Norteamérica	+	-	1
<u>S. mollis</u> Grah.	Kashmir	+	-	3
<u>S. arizonica</u> Wats.	Arizona	+	-	3
<u>S. formosa</u> Kearney et Peebles	Arizona	+	-	4
<u>S. rypsophylla</u> Turner et Powell	Texas	+	-	4
<u>S. secundiflora</u> (Gómez-Ortega) Lag. ex DC.	Texas	+	-	3
<u>S. japonica</u> L.	U.R.S.S.	+	+	6
<u>S. alopecuroides</u> L.	Valle Chuya U.R.S.S.	+	+	8
<u>S. flavescens</u> Ait.	Este de Siberia	+	+	12
<u>S. griffithii</u> Stocks	U.R.S.S.	+	+	3
<u>S. microphylla</u> Ait.	Nueva Zelanda	+	+	2

TABLA 6. Continuación.

Especie	Origen o Fuente	Serie ¹ Citisina	Serie ² Matrina	Número ³
<i>S. tomentosa</i> L.	Nueva Zelanda	+	+	3
<i>S. retraptera</i> Mill.	Nueva Zelanda	+	+	2
<i>S. macrocarpa</i> Sm.	Nueva Zelanda	+	+	5
<i>S. stenophylla</i> Gray	Herbario de la Univ. Metodista del sur de Dallas, Texas.	+	+	2
<i>S. chrysophylla</i> (Salisb.) Seem.	Hawaii	+	+	3
<i>S. longesmem</i>	Herbario de la Univ. Calif., Berkeley, California.	+	+	2
<i>S. tomentosa</i> L.	Nueva Zelanda y Texas	+	+	2
<i>S. sprostrata</i>	Japón	-	+	1
<i>S. pachycarpa</i> Schrenk ex C. A. Mey.	Este de Siberia	-	+	1
<i>S. angustifolia</i> Sieb. et Zucc.	Este de Siberia	-	+	8
<i>S. lupinoides</i>	U.R.S.S.	-	+	2
<i>S. japonica</i> L.	China	-	-	-
<i>S. affinis</i> Torr. et Gray	Texas	-	-	-
<i>S. griffithii</i> Stocks	Herbario de la Univ. Texas, Austin.	-	-	-

¹Citisina, N-metilcitisina y Anagirina. ²Matrina o N-oxidomatrina. ³Otros alcaloides.

(+) presencia, (-) ausencia.

género Sophora (Tabla 7) por Izaddoost (1979). En base a la desigual distribución que presentaron estas substancias, Izaddoost (1979) sugiere un arreglo quimiotaxonómico de las especies (Fig. 12). Considerando el contenido de ácido pipecólico y ácido 4-hidroxipecólico propone que el género Sophora puede ser dividido en 3 grupos subgenéricos:

1. Grupo Irani, las especies no contienen ácido pipecólico, son considerados como los miembros más primitivos, la mayoría de los integrantes de este grupo se encuentran en la región Irani.
2. Grupo Hawaiano, sus integrantes contienen ácido pipecólico, la mayoría de los miembros se encuentran en el sudeste de Asia y Hawaii.
3. Grupo de Texas, sus miembros contienen ácido pipecólico y su derivado el ácido 4-hidroxipecólico, todos los integrantes de este grupo son nativos de la región sudoeste de Norteamérica.

Al dipéptido ϵ -glutamiltirosina Izaddoost (1979) lo encontró solo en algunos miembros de cada grupo, por lo que a los grupos Irani y Hawaiano, los subdividió en dos subgrupos (Fig. 12), un subgrupo lo presenta y el otro no. Sin embargo, esta subdivisión no tiene ningún significado en el desarrollo evolutivo del género Sophora, porque el dipéptido y el ácido pipecólico no tienen ninguna relación, por lo tanto la clasificación bien puede basarse en el contenido de ácido pipecólico o en la del dipéptido. También encontró otro aminoácido no común, el ácido ϵ -amino-n-butírico, en algunas especies, y en base a si estaba o no presente subdividió a los grupos (Fig. 12).

Es importante señalar que en el estudio de Izaddoost (1979), se hicieron pruebas preliminares sobre el efecto del clima y nutrición en dos especies: S. secundiflora y S. affinis, resultando que la presencia de los compuestos amino poco frecuentes en las semillas, es una característica de las especies y no del clima, ni del ambiente donde las plantas crecen.

En el uso de aminoácidos poco comunes, como marcadores filogenéticos, estos se consideran como si fueran características morfológicas aisladas. Tal uso puede proporcionar información de valor, pero el amplio potencial del uso de aminoácidos en estudios comparativos, se aplicará solamente

TABLA 7. Compuestos obtenidos del 50% de extracto etanólico de 23 especies del género Sophora L. (Izaddoost, 1979).

Especie	Origen o Fuente	PIP (Aa)	4-OH-PIP (Aa)	GGT (dipéptido)	GABA (Aa)
<u>S. griffithii</u> Stocks	1	-	-	p	+
<u>S. moorcroftiana</u> (Grah.) Benth. ex Baker	2	-	-	+	+
<u>S. affinis</u> Torr. et Gray	1	-	-	+	-
<u>S. alopecuroides</u> L.	1	-	-	+	-
<u>S. macrocarpa</u> Sm.	2	-	-	+	-
<u>S. tomentosa</u> L.	1	-	-	+	-
<u>S. japonica</u> L.	1	-	-	-	+
<u>S. reticulata</u>	1	-	-	-	+
<u>S. longipesman</u>	2	-	-	-	-
<u>S. masafuerana</u> (Phil.) Skottsb.	2	-	-	-	-
<u>S. angustifolia</u> Sieb et Zucc.	1	t	-	p	+
<u>S. chrysohylla</u> (Salisb.) Seem.	1	t	-	+	-
<u>S. microphylla</u> Ait.	1	t	-	+	-
<u>S. tetraptera</u> Mill.	2	t	-	+	-
<u>S. leachiana</u> Peck	2	t	-	-	+
<u>S. nuttalliana</u> Turner	1	t	-	-	+
<u>S. pachycarpa</u> Schrenk ex C. A. Mey.	2	t	-	-	+

TABLA 7. Continuación.

Especie	Origen o Fuente	PIP (Aa)	4-OH-PIP (Aa)	GGT (dipéptido)	GABA (Aa)
<u>S. stenophylla</u> Gray	3	t	-	-	+
<u>S. mollis</u> Grah.	2	t	-	-	-
<u>S. arizonica</u> Wats.	4	+	+	+	+
<u>S. gypsophylla</u> Turner <u>et</u> Powell	1	+	+	+	+
<u>S. formosa</u> Kearney <u>et</u> Peebles	3	+	+	+	-
<u>S. secundiflora</u> (Gómez-Ortega) Lag. ex DC.	1	+	+	+	-

PIP=ácido pipercolico. 4-OH-PIP=ácido 4-hidroxipipercolico. GGT=β-glutamiltirosina. GABA=ácido β-amino-n-butírico. Aa=aminoácido. p=presente, detectado únicamente en cromatografía de papel. t=trazas. (-) no detectado. (+) detectado.

1 Herbario del Departamento de Botánica, Universidad de Texas, Austin.

2 Herbario de la Universidad de California, Berkeley.

3 Herbario de la Universidad Metodista del sur, Dallas, Texas.

4 Herbario de la Universidad de Arizona, Tempe.

FIGURA 12. Clasificación quimiotaxonómica propuesta por Izaddoost (1979) para algunas especies del género Sophora L.

(-)PIP	(-)4-OH-PIP	(-)GGT	(-)GABA	<u>S. longipesman</u>
			(+)GABA	<u>S. masafuerana</u>
		(+)GGT	(-)GABA	<u>S. japonica</u>
			(-)GABA	<u>S. reticulata</u>
			(+)GABA	<u>S. tomentosa</u>
			(+)GABA	<u>S. affinis</u>
(+)PIP	(+)4-OH-PIP	(-)GGT	(-)GABA	<u>S. alopecurooides</u>
			(+)GABA	<u>S. macrocarpa</u>
		(+)GGT	(-)GABA	<u>S. griffithii</u>
			(-)GABA	<u>S. moorcroftiana</u>
			(-)GABA	<u>S. mollis</u>
			(+)GABA	<u>S. leachiana</u>
(+)PIP	(+)4-OH-PIP	(-)GGT	(-)GABA	<u>S. nuttaliana</u>
			(+)GABA	<u>S. pachycarpa</u>
		(+)GGT	(-)GABA	<u>S. stenophylla</u>
			(-)GABA	<u>S. microphylla</u>
			(+)GABA	<u>S. chrysophylla</u>
			(+)GABA	<u>S. tetraptera</u>
(+)PIP	(+)4-OH-PIP	(-)GGT	(-)GABA	<u>S. angustifolia</u>
			(-)GABA	<u>S. formosa</u>
		(+)GGT	(-)GABA	<u>S. secundiflora</u>
			(+)GABA	<u>S. arizonica</u>
			(+)GABA	<u>S. gypsophylla</u>

PIP=ácido pipecólico

4-OH-PIP=ácido 4-hidroxipipecólico

GGT=8-glutamiltirosina

GABA=ácido 8-amino-n-butírico

(-) ausencia

(+) presencia

cuando su camino metabólico y las relaciones bioquímicas que existan entre ellos hallan sido aclaradas. Cada aminoácido lleva con él algún registro de su propia evolución en la forma de su camino biosintético y de las enzimas que controlan dicho camino (Izaddoost, 1979).

Otros componentes característicos de muchas semillas de leguminosas son las galactomanosas solubles en agua, que se localizan en el endospermo (Anderson, 1949; Reid y Meier, 1970; Bailey, 1971). Son polisacáridos formados por unidades de D-manosa y D-galactosa, el número de estas últimas varía entre los géneros, particularmente dentro de las Leguminosae (Bailey, 1971).

Bailey (1974) realizó un estudio sobre la presencia o ausencia de galactomanosa en semillas de algunas especies del género Sophora, el cual es de interés quimiotaxonómico. Encontrando, como señala la Tabla 8, que S. affinis fué la única especie que contiene una galactomanosa, y su composición de galactosa-manosa fué generalmente similar al registrado para la galactomanosa de la semilla de S. japonica por Anderson (1949) y Kooiman (1971).

Por la investigación de sí la galactomanosa está o no presente en las semillas de leguminosas, parece que todas las especies de un género cualquiera contienen el polímero o no (Reid y Meier, 1970; Bailey, 1971). En el caso particular del género Sophora, parece que solamente algunas especies poseen galactomanosa y esto puede ser relevante taxonómicamente (Bailey, 1974). Bailey (1974) indica que aunque él solo estudio 8 taxa en total, sus resultados parecen ser de considerable interés relativo a la revisión que hace Yakovlev (1967) del género, al colocar a S. japonica y S. affinis en el género Styphnolobium, siendo las únicas especies que contienen galactomanosa, además de poner a S. secundiflora en el género Callia junto con otras 4 especies, la cual presenta almidón o amiloide y polímeros de galactosa y arabinosa (Tabla 8). Los otros 6 taxa examinados por Bailey (1974) solamente contienen los polímeros galactosa-arabinosa, y todos ellos pertenecen a Sophora sens. strict. de acuerdo a Yakovlev (1967).

Finalmente Bailey (1974) señala que deben ser examinadas semillas

TABLA 8. Análisis de algunas semillas del género Sophora L. para detectar la presencia de galactomanosa y otros polisacáridos solubles en agua (Bailey, 1974).

Especie	Origen o Fuente	Galactomanosa	Polisacáridos* solubles en agua
<u>S. affinis</u> Torr. et Gray	Austin, Texas	+	-
<u>S. secundiflora</u> ^o (Gómez-Ortega) Lag. ex DC.	Austin, Texas	-	+
<u>S. tomentosa</u> L.	Queensland, Australia	-	+
<u>S. chrysophylla</u> (Salisb.) Seem.	Hawaii	-	+
<u>S. microphylla</u> Ait.	Norte de Palmerston, Nueva Zelanda, CHR 229980 y CHR 229981.	-	+
<u>S. prostrata</u> J. Buch.	Península de Banks, Nueva Zelanda, CHR 19435.	-	+
<u>S. tetraptera</u> Mill. subsp. <u>tetraptera</u>	Lago Taupo, costa este, Nueva Zelanda.	-	+
<u>S. tetraptera</u> Mill. subsp. <u>howinsula</u> (W. R. B. Oliver) Yakovl.	Isla de Lord Howe	-	+

(+) presencia. (-) ausencia.

* galactosa-arabinosa. ^o contiene almidón o amiloide.

de muchas especies más de Sophora sens. lat., para ver si la distribución de los polisacáridos solubles de las semillas refuerzan la clasificación de Yakovlev (1967).

Revisando los estudios quimiotaxonómicos realizados por Izaddoost (1975, 1979) y Bailey (1974) (Tablas 6-8), se observa que S. japonica y S. affinis no tienen: alcaloides (Izaddoost, 1975), ácido piperólico y ácido 4-hidroxipiperólico (Izaddoost, 1979), a diferencia de las otras especies del género Sophora estudiadas por Izaddoost (1975, 1979). Además se aprecia que ambas especies contienen el polímero galactomanosa con composición similar (Anderson, 1949; Kooiman, 1971; Bailey, 1974), pero las demás especies del género Sophora estudiadas por Bailey (1974) no lo tienen.

Si se considera que las especies de un género contienen o no el polímero galactomanosa (Reid y Meier, 1970; Bailey, 1971) S. japonica y S. affinis deberían formar otro género.

Todos estos datos químicos pueden apoyar la propuesta de Yakovlev (1967) de colocar a S. japonica y S. affinis en el género Styphnolobium. No obstante, como señala Bailey (1974), se les debe realizar un análisis químico a más semillas de especies del género Sophora.

"La imprecisión de la naturaleza conduce al equilibrio. La exactitud humana lleva al desequilibrio".

E. HAECKEL

ETNOBOTANICA

La etnobotánica es el campo interdisciplinario que comprende el estudio e interpretación del conocimiento, significado cultural, manejo y usos tradicionales de los elementos de la flora. Traduciendo la raíz etnos como pueblo, en un sentido racial, cultural y social (Barrera, 1979).

Se tiene conocimiento de que algunas plantas del género Sophora han sido utilizadas por ciertos pueblos en sus ceremonias religiosas o como medicamentos para algunas enfermedades.

Una de ellas es S. secundiflora, conocida como coralillo, frijol rojo y en inglés como "mescal bean" (Schultes, 1982). Particularmente en Texas sus nombres comunes son: "mountain-lsurel", frijolito, frijollito, "coral bean", "big-drunk bean" y colorín (Vines, 1976), y en México: colorín (Coahuila, Veracruz y Nuevo León), frijolillo (Coahuila, Nuevo León), frijolito (Coahuila), patol (región de Guadalcázar, San Luis Potosí), coca, chocolon, colorines (Puebla) (Martínez, 1979; Aguilar y Zolla, 1982).

Esta planta era empleada por lo menos por 12 tribus de indios del norte de México (Schultes, 1982): coahuilteca, tamaulipeca, tarahumara (Adovasio y Fry, 1976); Nuevo México y Texas (Schultes, 1982): apache, comanche, delaware, iowa, kansa, omaha, oto, osage, pawnee, ponca, tonkawa, wichita (Schultes y Hofmann, 1980), en la danza del coralillo (red bean dance), que esencialmente consistía en ingerir una bebida preparada con las semillas (Schultes, 1982). Para prepararla, mezclaban un polvo de las semillas, en muy pequeñas cantidades, con mezcal (Vines, 1976). En esta ceremonia conocida también con los nombres de danza del venado, danza "wichita", danza del silbido, danza del "red bean" y sociedad "red bean", se usaban las semillas como medio para hacer profecías, adivinar cosas ocultas y producir alucinaciones (Schultes y Hofmann, 1980; Schultes, 1982), además producía intoxicación, delirio, excitación y finalmente un profundo sueño (Vines, 1976).

Sin embargo como la bebida preparada con las semillas rojas del coralillo es muy tóxica y a menudo las dosis excesivas causaban la muerte,

los indígenas abandonaron su uso al descubrir un alucinógeno más espectacular y menos peligroso, el cacto llamado peyote, por lo que la danza del coralillo cayó en el olvido, pero como no es común que los elementos sagrados desaparezcan completamente de una cultura, en la actualidad se usan todavía las semillas de coralillo, como adorno en el vestido del jefe de la ceremonia del peyote (Schultes y Hofmann, 1980; Schultes, 1982) y como medicina (Merrill, 1977).

En 1539, uno de los primeros explotadores españoles, Cabeza de Vaca, hizo referencia de las semillas de coralillo como artículo de comercio en Texas (Schultes y Hofmann, 1980; Schultes, 1982) en forma de collares (Vines, 1976). De acuerdo a la expedición de Stephen Long, las tribus de los arapaho y iowa en 1820 emplearon ampliamente las semillas como medicamento y narcótico (Schultes y Hofmann, 1980).

Además se han encontrado semillas de coralillo en sitios que datan de fechas anteriores al año 1000 d. de C., y uno de ellos, del año 1500 a. de C., datos arqueológicos que indican la existencia de un culto prehistórico o de la práctica de ceremonias en las que se usaban estos frijoles rojos (Adovasio y Fry, 1976; Schultes y Hofmann, 1980; Schultes, 1982).

S. secundiflora puede ser transplantada a un suelo con suficiente calcio, puesto que se le encuentra en piedra caliza a una altitud de 5000 ft. Sus frutos se encuentran en septiembre. Sus flores violetas son muy fragantes, floreciendo en marzo y abril. El nombre secundiflora hace referencia a la inflorescencia de un solo lado que presenta (Vines, 1976). En algunos lugares es utilizada como una planta ornamental (Schultes y Hofmann, 1980).

De S. tomentosa, se informa que la planta tiene propiedades diuréticas, sudoríficas, purgativas y es empleada en las Antillas como un remedio para enfermedades venéreas. En Ceilán las raíces y hojas son usadas por los nativos como un remedio para el cólera (Vines, 1976). En las islas Fiji, un macerado de las hojas con aceite de coco lo emplean para fracturas, colocando la planta alrededor del hueso roto (Altschull, 1975).

El nombre de tomentosa es debido a los pelos aterciopelados que presentan las estructuras jóvenes de la planta. En México la planta es conocida como tambalisa. Su floración es en junio-octubre, en Norteamérica se les encuentra en dunas costeras (Vines, 1976). Se cree que las semillas son venenosas y que otras partes de la planta contienen alcaloides venenosos. Sin embargo, se dice que en Madagascar las legumbres son alimento para el ganado vacuno (Standley, 1926).

S. japonica es importante en la medicina como fuente de una sustancia llamada rutina, que se emplea actualmente para el tratamiento de la fragilidad capilar (Schultes, 1982). Estudios realizados por Reynolds e Irvin (1980) señalan que un extracto de S. japonica inhibe la síntesis de proteínas en eucariotes. También S. flavescens Ait. (China) es una planta de uso médico (Altschull, 1975). Recientemente por descubrimientos preliminares en estudios realizados en ratas y ratones, se ha sugerido que un extracto de etanol de S. flavescens posee actividad antirítmica (Soter et al., 1986).

La madera de S. retraptera Mill. "wing sophora" (Heywood, 1971), tiene valor comercial mientras que la de S. secundiflora no tiene valor comercial (Vines, 1976).

Vines (1976) sugiere que S. affinis puede ser cultivada para uso ornamental. Esta planta florece en junio, su madera roja es pesada, fuerte y dura, su nombre affinis, significa "relacionado a". Nombre común "Eve's Necklace".

S. japonica "japanese pagoda tree" se le utiliza como una planta ornamental, siendo un buen árbol de sombra (Wyman, 1959; Heywood, 1971), su nombre común proviene del hecho de que se encuentra frecuentemente alrededor de los templos budistas en el oriente, floreciendo en agosto. De sus flores y botones, se obtiene un tinte amarillo, por cocimiento de ellas en un horno que adquieren un color pardo y después se hierven en agua (Wyman, 1959). En China por su contenido de almidón en las semillas, son comestibles "wai shue" (Altschull, 1975). También S. vicifolia Hance (China) es comestible, en este caso lo son sus flores (Altschull, 1975).

Desde fines del siglo pasado se han realizado análisis químicos en distintas partes de la planta, generalmente en las semillas, de varias especies del género Sophora.

Plugge y Rauwerda (1896) aislaron de semillas de S. secundiflora un alcaloide: soforina, el cual posteriormente se comprobó que era el alcaloide quinolicidina: citisina, también encontrado en varios géneros de la familia Leguminosae (Leonard, 1953). Este alcaloide pertenece al grupo lupina (Schultes y Hofmann, 1980).

Otros alcaloides que se encuentran en S. secundiflora en pequeñas cantidades son: N-metilcitisina, lupinina, Δ^b -dihidrolupanina, anagirina y termopsina (Izaddoost et al., 1976), los alcaloides presentes en mayores cantidades son: citisina y esparteína (Schultes y Hofmann, 1980).

La citisina pertenece farmacológicamente al mismo grupo que la nicotina (Zachowski, 1938). Ninguna actividad alucinógena de la citisina o de los otros alcaloides presentes en las semillas de S. secundiflora se ha informado (Hatfield et al., 1977; Schultes y Hofmann, 1980).

El alcaloide citisina causa náuseas, convulsiones y muerte por asfixia, debido a su acción depresora del diafragma (Schultes, 1982), por lo que se le atribuye a las semillas de S. secundiflora propiedades narcóticas (Altschull, 1975; Vines, 1976).

En el norte de México las intoxicaciones de los humanos son poco frecuentes, pero afecta a los ganados bovino, caprino, ovino y equino (Vines, 1976; Aguilar y Zolla, 1982). Los envenenamientos raramente son fatales, aunque en grandes dosis es frecuente la muerte de bovinos y equinos. En los animales intoxicados se observan temblores musculares en los miembros anteriores, dilatación de las pupilas, estimulación y luego depresión del ritmo respiratorio, y dificultades en la marcha e incluso en la postura recta. Se ha señalado que los alcaloides de la planta tienen una acción tóxica de tipo nicotínico, los músculos se tornan insensibles a la estimulación de los nervios motores, difiere de la nicotina por ser hipertensores y menos activos sobre la musculatura lisa (Aguilar y Zolla, 1982).

Como se ha indicado anteriormente, se le atribuyen a los alcaloides presentes en las semillas de S. secundiflora, principalmente a la citisina, la toxicidad de estas semillas, incluso Martínez (1959) indica que basta ingerir dos semillas para causar la muerte. Sin embargo, un estudio realizado por Izaddoost (1979) prueba que la toxicidad de las semillas de S. secundiflora no se debe a su contenido de alcaloides, sino a la combinación de estos con el ácido pipécólico.

Martínez (1959) menciona que S. purpusii T. S. Brand., S. tomentosa, S. conzattii y S. sericea Nutt son muy venenosas. Pero sería importante realizar análisis químicos de estas plantas, para detectar cual es la substancia tóxica.

El alcaloide citisina también se encuentra en S. tomentosa y S. sericea. Los alcaloides matrina y sofocarpina se detectan en S. angustifolia Sieb et Zucc. y S. alopecuroides (Vines, 1976).

Además de los alcaloides otros compuestos se han observado en varias plantas del género Sophora. En la raíz de S. tomentosa se han aislado y determinado la estructura de tres compuestos fenólicos: soforacromona A, soforaflavanona A e isosoforanona (Shirataki et al., 1983).

Para S. flavescens, no solo se han aislado alcaloides, sino que ya los sintetizan, tal es el caso de dos compuestos ópticamente activos: matrina y alomatrina, siendo (+)-matrina el alcaloide principal de S. flavescens (Okuda et al., 1966).

En S. japonica, S. tetraptera, S. microphylla Ait. y S. prostrata J. Buch. se han aislado oligosacáridos (Bailey, 1964).

Como se puede observar las especies que forman el género Sophora son importantes económicamente por su contenido en alcaloides, su uso en medicina, alimento, ornamental, etc.

"No podréis llegar al fin sin iluminación, sin paciencia y sin tener la decisión de esperar, porque los arrebatados nada tienen que hacer en esta materia. Buscáis un gran secreto. ¿Por qué no poner en ello gran trabajo y excesivo empeño?"

TURBA PHILOSOPHORUM

OBJETIVOS

Obtener el número cromosómico ($2n$), número básico (x) y elaborar el cariotipo de las siguientes especies: Sophora secundiflora, S. tomentosa, S. velutina Lindl. var. zimbabwensis Gillet et Brummitti, S. japonica, S. sp. (Tuxtlas), S. sp. (Chamela), S. sp. (Molcajac) y S. conzattii.

Analizar el nivel de poliploidía y aneuploidía en las poblaciones de estas especies.

Examinar y comparar los cariotipos de las especies estudiadas para interpretar la posible relación filogenética entre ellas.

Integrar estos análisis citológicos con la información morfológica, palinológica y química para aclarar la situación taxonómica de algunas especies que pertenecen a la sección Styphnolobium.

HIPOTESIS

Las características morfológicas, palinológicas, químicas, así como, el número cromosómico ($2n$) pueden ser uniformes en un género. Si existe semejanza en las características morfológicas, palinológicas, químicas y número cromosómico ($2n=28$ determinado para S. japonica y S. affinis) en las especies que integran la sección Styphnolobium y estas características difieren de las demás secciones del género Sophora ($2n=18$) entonces las especies S. sp. (Tuxtlas), S. sp. (Chamela), S. sp. (Molcajac) y S. conzattii de la sección Styphnolobium tendrán un $2n=28$. Si esto último resulta cierto, se confirmará que la sección Styphnolobium puede conformar un género.

MATERIALES Y METODOS

Las plantulas y las semillas utilizadas en esta investigación fueron proporcionadas por el MEXU, Index Seminum del Jardín Botánico del Instituto de Biología U.N.A.M. y Herbario Nacional-Jardín Botánico Nacional de Zimbabwe Africa (Tabla 9, Figs. 13-15). Todo el material fué determinado por el M. en C. M. Sousa, investigador del Instituto de Biología U.N.A.M. Los ejemplares de herbario se depositaron en el MEXU.

Las semillas de las distintas especies fueron sometidas a tratamientos previos a la germinación, tales como: escarificación con ácido sulfúrico concentrado (Everitt, 1983), escarificación mecánica y remojo en agua (Hartman y Kester, 1982), para estimular su germinación. Después del tratamiento, se sembraron en cajas Petri con algodón y papel filtro, esterilizadas, mantenidas en una estufa a una temperatura de 30 ± 2 grados centígrados.

Las semillas de Sophora secundiflora germinaron al ser tratadas con ácido sulfúrico concentrado durante 15 minutos, las de S. tomentosa al remojarlas en agua destilada durante 48 horas, las de S. velutina var. zimbabwensis y S. japonica con ácido sulfúrico concentrado durante 5 minutos y finalmente las de S. sp. (Chamela), S. sp. (Molcajac) y S. conzattii con escarificación mecánica (lija).

Las semillas que germinaron se colocaron en vermiculita para su enraizamiento, regándose con solución nutritiva Hoogland. Posteriormente las plantulas (Figs. 16-23) se transplantaron a tierra preparada en una proporción de 3 partes de negra por una de hoja, y actualmente se mantienen vivas en el invernadero de cristal del Jardín Botánico (Fig. 24).

Los meristemas radiculares seleccionados para la observación de las células en metafase se obtuvieron de raíces secundarias en división celular activa, las que presentaban un color blanco. Estas raíces tenían una longitud de 1.0-2.0 cm y fueron cortadas de 7:30 a 8:00 A.M., y pretratadas con el mitostático 8-hidroxiquinoleina a una concentración 0.002 M, durante 5 horas a una temperatura de 18 grados centígrados y en la oscuridad.

Al término de este tiempo, las raíces fueron lavadas con agua destilada y después se fijaron en solución Farmer (alcohol absoluto y ácido acético glacial, en una proporción de 3:1) recién preparada, en seguida fueron almacenadas en el refrigerador a 4 grados centígrados, donde pueden conservarse por tiempo indefinido.

Para realizar la tinción, las raíces se hidrolizaron con ácido clorhídrico 1 N a 60 grados centígrados durante 10 minutos y posteriormente se introdujeron en una solución de Feulgen preparada a base de fúcsina básica de acuerdo con García (1977) durante 1 hora y a temperatura ambiente.

El meristemo radicular ya teñido fué cortado y colocado en un portaobjetos limpio, agregando una gota de aceto-orceína al 2%. Después se colocó el cubreobjetos dándole un ligero aplastamiento y golpeando con la punta de un lápiz para separar las células y poder observarse al microscopio. Si se obtenían buenos campos, es decir, si los cromosomas estaban separados con buena contracción y tinción, y la célula no estaba rota, se fijaba la preparación por el método del hielo seco (Conger y Fairchild, 1953) y finalmente se montaba en bálsamo de Canadá; secando la preparación en una estufa a 60 grados centígrados durante una semana.

Para la elaboración del cariotipo se seleccionaron 20 células de cada individuo, considerando 5 individuos por población. Las mejores células fueron fotografiadas en un fotomicroscopio Carl-Zeiss, con un objetivo de 100x y optobar 1.25.

Los cromosomas de las células seleccionadas se dibujaron en una cámara lúcida Carl-Zeiss. A partir de estos dibujos y de las fotografías obtenidas se elaboraron los cariotipos. La clasificación de los cromosomas se realizó de acuerdo a Naranjo et al. (1983, 1986) basado en Levan et al. (1964).

TABLA 9. Datos de colecta de las ocho especies estudiadas del género Sophora L.

Especie	Colector	No. Colecta-Fecha	Localidad
<u>S. secundiflora</u> (Gómez-Ortega) Lag. ex DC. (semillas)	<u>G. Malda</u> <u>G. Malda</u> <u>Mahinda M.</u>	<u>s.n.</u> -10-05-85 <u>s.n.</u> -14-04-86 <u>s.n.</u> - 10-85	Ej. la Peña Mpio. de Maquihuana, Edo. Tamaulipas. Cañon del Soldado, camino de los Uvalles a la Marcela Mpio. Maquihuana, Edo. Tamaulipas. Ej. Felipe Angeles, Mpio. Bustamante, Edo. Tamaulipas.
<u>S. romentosa</u> L. (semillas)	<u>M. Sousa</u>	<u>10995</u> -s.f.	Pto. Morelos, Edo. de Quintana Roo.
<u>S. velutina</u> Lindl. var. <u>zimbabweensis</u> Gillet <u>et</u> Brummitti (semillas)			Herbario Nacional-Jardín Botánico Nacional de Zimbabwe Africa.
<u>S. japonica</u> L. (semillas)			Jardín Botánico de la Univ. de Lisboa, Portugal.
<u>S. sp.</u> (Tuxtlas) (plantulas)	<u>G. Ibarra</u>	<u>s.n.</u> -s.f.	Estación Biológica Tropical los Tuxtlas, Mpio. Sn. Andrés Tuxtlas, Edo. de Veracruz.

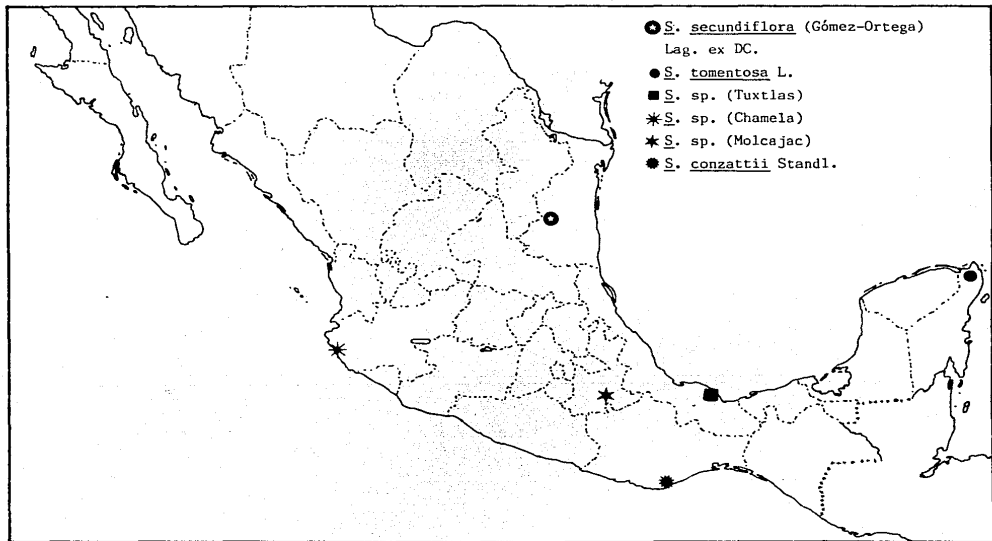
TABLA 9. Continuación.

Especie	Colector	No. Colecta-Fecha	Localidad
	<u>G. Ibarra</u>	<u>1892-03-07-84</u>	Estación Biológica Tropical los Tuxtlas Mpio. Sn. Andrés Tuxtlas, Edo. de Veracruz.
<u>S.</u> sp. (Chamela) (semillas)	<u>S. H. Bullock</u>	<u>1495-28-05-84</u>	Estación de Biología Chamela (U.N.A.M.), Mpio. la Huerta, Edo. de Jalisco.
<u>S.</u> sp. (Molcajac) (semillas)	<u>M. Sousa</u>	<u>11952-19-03-81</u>	A 19 Km al S de Molcajac, Mpio. Molcajac, Edo. de Puebla. Alt. 1500 m.s.n.m.
	<u>M. Sousa</u>	<u>11959-19-03-81</u>	A 8 Km al S de Molcajac, Mpio. Molcajac, Edo. de Puebla. Alt. 1600 m.s.n.m.
<u>S. conzattii</u> Standl. (semillas)	<u>R. Torres</u>	<u>4901-05-04-84</u>	Cerro Espino, Finca Monte Cristo, Distrito de Pochutla Edo. de Oaxaca. Alt. 1150 m.s.n.m.

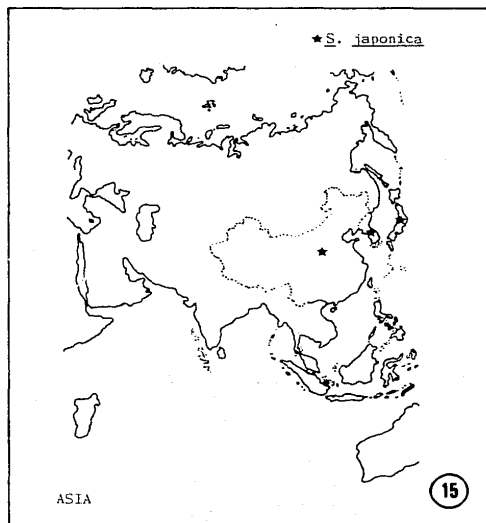
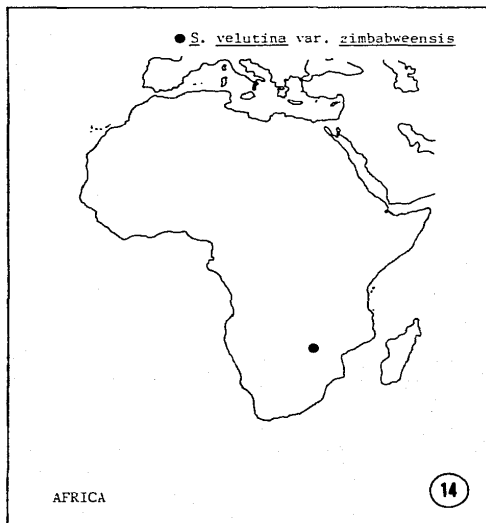
s.n.=sin número de colecta.

s.f.=sin fecha de colecta.

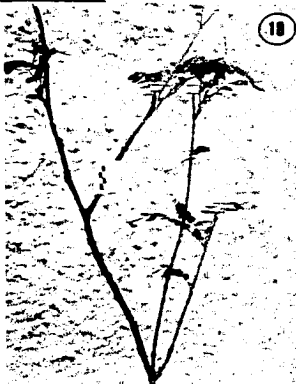
FIGURA 13. Localidades de seis de las especies estudiadas del género Sophora L. (Souza, com. pers., 1987).



FIGURAS 14-15. Distribución de: 14. Sophora velutina Lindl. var. zimbabweensis Gillet et Brummitti (Leppard, com. pers., 1986) y 15. S. japonica L. (Darlington y Wylie, 1955; Wyman, 1959).



FIGURAS 16-23. Plantas de las ocho especies del género Sophora L., estudiadas en este trabajo. 16. S. secundiflora (Gómez-Ortega) Lag. ex DC., 17. S. tomentosa L., 18. S. velutina Lindl. var. zimbabweensis Gillet et Brummitti, 19. S. japonica L., 20. S. sp. (Tuxtlas), 21. S. sp. (Chamela), 22. S. sp. (Molcajac), 23. S. conzattii Standl.



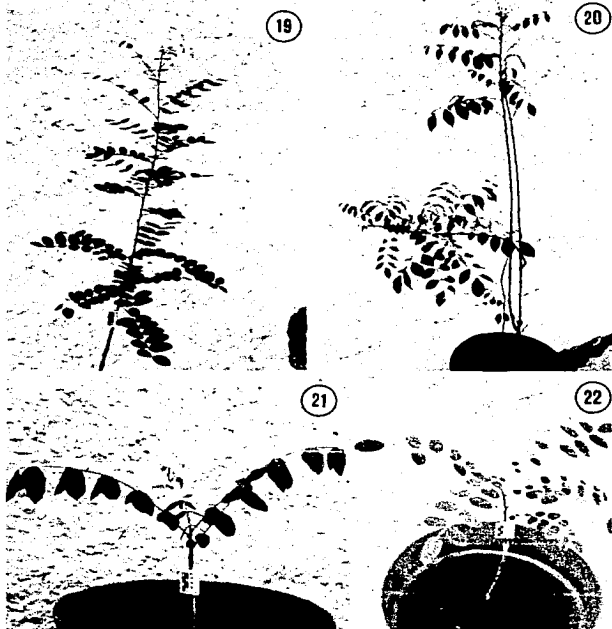
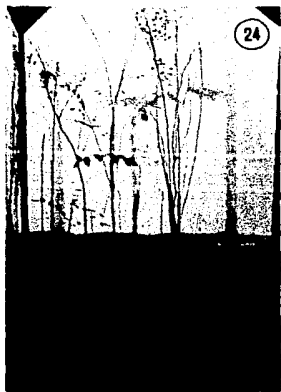




FIGURA 24. Invernadero donde se encuentran las plantas de las especies estudiadas.



RESULTADOS

En la Tabla 10 se indican el número cromosómico diploide ($2n$), la fórmula cariotípica, las constricciones secundarias, el número fundamental (n.f.) que corresponde al número de brazos largos en el complemento haploide, el número básico (x) y el intervalo de longitud de los cromosomas en μm , para cada una de las especies estudiadas.

Sophora secundiflora. $2n=18$ (Figs. 25-26, 41A, Tabla 10). En la fórmula cariotípica se observan 6 pares de cromosomas metacéntricos y 3 pares de metacéntricos-submetacéntricos. Se aprecia un par de cromosomas metacéntricos con constricción secundaria. El n.f.=18 y $x=9$. La longitud de los cromosomas va de 1.3 a 2.2 μm .

S. tomentosa. $2n=18$ (Figs. 27-28, 41B, Tabla 10). En la fórmula cariotípica se observan 4 pares de cromosomas metacéntricos, 4 pares de metacéntricos-submetacéntricos y un par de submetacéntricos. Se aprecia un par de cromosomas metacéntricos con constricción secundaria. El n.f.=18 y $x=9$. La longitud de los cromosomas va de 1.1 a 1.7 μm .

S. velutina var. zimbabwensis. $2n=18$ (Figs. 29-30, 41C, Tabla 10). En la fórmula cariotípica se observan 4 pares de cromosomas metacéntricos, 4 pares de metacéntricos-submetacéntricos y un par de submetacéntricos. Se aprecia un par de cromosomas metacéntricos-submetacéntricos con constricción secundaria. El n.f.=18 y $x=9$. La longitud de los cromosomas va de 1.3 a 2.4 μm .

S. japonica. $2n=28$ (Figs. 31-32, 41D, Tabla 10). En la fórmula cariotípica se observan 13 pares de cromosomas metacéntricos y un par de metacéntricos-submetacéntricos. Se aprecian 3 pares de cromosomas metacéntricos con constricción secundaria. El n.f.=28 y $x=14$. La longitud de los cromosomas va de 1.1 a 2.4 μm .

S. sp. (Tuxtlas). $2n=28$ (Figs. 33-34, 41E, Tabla 10). En la fórmula cariotípica se observan 12 pares de cromosomas metacéntricos y 2 pares de metacéntricos-submetacéntricos. Se aprecian 3 pares de cromosomas

metacéntricos con constricción secundaria. El n.f.=28 y x=14. La longitud de los cromosomas va de 0.6 a 2.0 μm .

S. sp. (Chameia). $2n=28$ (Figs. 35-36, 41F, Tabla 10). En la fórmula cariotípica se observan 11 pares de cromosomas metacéntricos y 3 pares de metacéntricos-submetacéntricos. Se aprecian 3 pares de cromosomas metacéntricos con constricción secundaria. El n.f.=28 y x=14. La longitud de los cromosomas va de 0.8 a 2.2 μm .

S. sp. (Molcajac). $2n=28$ (Figs. 37-38, 41G, Tabla 10). En la fórmula cariotípica se observan 12 pares de cromosomas metacéntricos y 2 pares de metacéntricos-submetacéntricos. Se aprecian 3 pares de cromosomas metacéntricos con constricción secundaria. El n.f.=28 y x=14. La longitud de los cromosomas va de 0.8 a 2.4 μm .

S. conzattii. $2n=28$ (Figs. 39-40, 41H, Tabla 10). En la fórmula cariotípica se observan 13 pares de cromosomas metacéntricos y un par de metacéntricos-submetacéntricos. Se aprecian 3 pares de cromosomas metacéntricos con constricción secundaria. El n.f.=28 y x=14. La longitud de los cromosomas va de 0.6 a 1.5 μm .

TABLA 10. Análisis cariotípico de ocho especies del género Sophora L.

Especie	2n	Fórmula Cariotípica	Constricciones Secundaria	n.f.	Número Básico (x)	Intervalo de Longitud de los Cromosomas (µm)
<u>S. secundiflora</u> (Gómez-Ortega) Lag. ex DC.	18	6m+3m-sm	1m	18	9	1.3-2.2
<u>S. tomentosa</u> L.	18	4m+4m-sm+1sm	1m	18	9	1.1-1.7
<u>S. velutina</u> Lindl. var. <u>zimbabwensis</u> Gillet et Brummitti	18	4m+4m-sm+1sm	1m-sm	18	9	1.3-2.4
<u>S. japonica</u> L.	28	13m+1m-sm	3m	28	14	1.1-2.4
<u>S. sp.</u> (Tuxtlas)	28	12m+2m-sm	3m	28	14	0.6-2.0
<u>S. sp.</u> (Chamela)	28	11m+3m-sm	3m	28	14	0.8-2.2
<u>S. sp.</u> (Molcajac)	28	12m+2m-sm	3m	28	14	0.8-2.4
<u>S. conzattii</u> Standl.	28	13m+1m-sm	3m	28	14	0.6-1.5

2n=número cromosómico diploide.

n.f.=número fundamental.

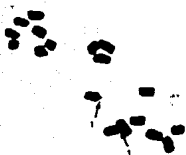
FIGURAS 25-30. Cromosomas somáticos de: 25-26. Sophora secundiflora (Gómez-Ortega) Lag. ex DC., 27-28. S. tomentosa L., 29-30. S. velutina Lindl. var. zimbabwensis Gillet et Brummitti. Las tres especies tienen un $2n=18$. Las flechas y los números 1 indican los cromosomas con constricción secundaria. La escala corresponde a 10 μ m.



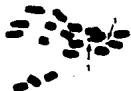
25



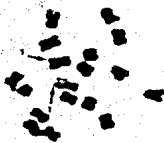
26



27



28

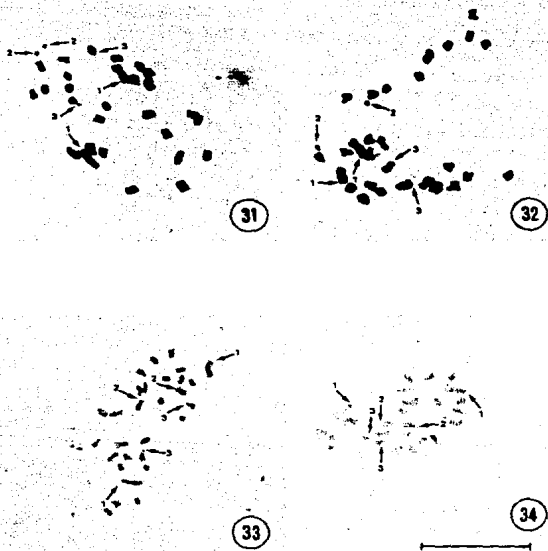


29



30

FIGURAS 31-34. Cromosomas somáticos de: 31-32. *Sophora japonica* L., 33-34. *S.* sp. (Tuxtlas). Las dos especies tienen un $2n=28$. Las flechas y los números 1, 2 y 3 indican los cromosomas con constricción secundaria. La escala corresponde a 10 μ m.



FIGURAS 35-40. Cromosomas somáticos de: 35-36. *Sophora* sp. (Chamela), 37-38. *S.* sp. (Molcajuc), 39-40. *S. conzatti* Standl. Las tres especies tienen un $2n=28$. Las flechas y los números 1, 2 y 3 indican los cromosomas con constricción secundaria. La escala corresponde a 10 μ m.

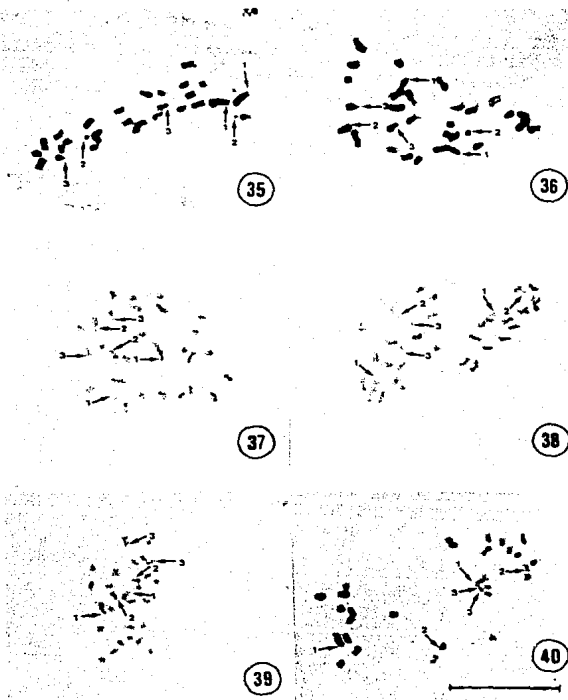
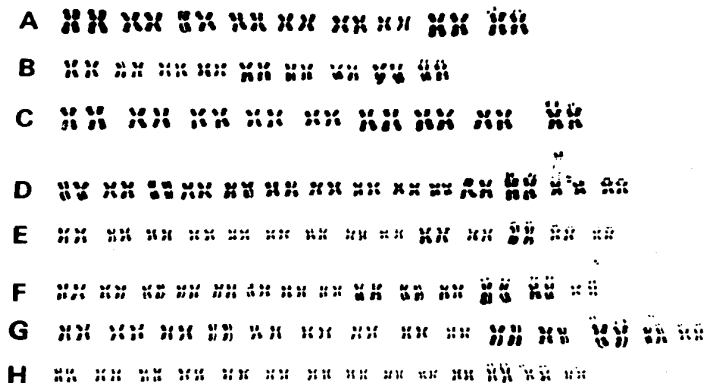


FIGURA 41. Cariotipos de las ocho especies estudiadas del género Sophora L. A. S. secundiflora (Gómez-Ortega) Lag. ex DC. $2n=18$, $6m+3m-sm$; B. S. tomentosa L. $2n=18$, $4m+4m-sm+1sm$; C. S. velutina Lindl. var. zimbabwensis Gillet et Brummitti $2n=18$, $4m+4m-sm+1sm$; D. S. japonica L. $2n=28$, $13m+1m-sm$; E. S. sp. (Tuxtlas) $2n=28$, $12m+2m-sm$; F. S. sp. (Chamela) $2n=28$, $11m+3m-sm$; G. S. sp. (Molcajac) $2n=28$, $12m+2m-sm$; H. S. conzattii Standl. $2n=28$, $13m+1m-sm$. La escala corresponde a 10 μ m.



DISCUSION

Los números cromosómicos, como señala Goldblatt (1981a), proporcionan información de gran importancia para corregir y mejorar la clasificación de la familia Leguminosae, así como, para un mejor entendimiento de su evolución.

En Sophora secundiflora se observó un $2n=18$, el cual concuerda con los ya publicados por Atchison (1949), Darlington y Wylie (1955) y Goldblatt (1981b, 1984).

El $2n=18$ determinado para S. tomentosa en esta investigación, confirma varios conteos previos informados para esta especie por Atchison (1951), Darlington y Wylie (1955), Federov (1974) y Goldblatt y Davidse (1977).

Un $2n=18$ se determinó para S. velutina var. zimbabwensis y es la primera vez que se informa al igual que su cariotipo.

En S. japonica se observó un $2n=28$, el cual esta de acuerdo con los ya publicados por Darlington y Wylie (1955), Berger et al. (1958), Federov (1974), Fernandes et al. (1977) y Goldblatt (1981b, 1981c, 1984).

Para S. sp. (Tuxtlas), S. sp. (Chamela), S. sp. (Molcajac) y S. conzatti se determinó un $2n=28$. Es la primera vez que se informa del $2n$ y el cariotipo para todas estas especies, siendo las tres primeras especies nuevas para la ciencia.

En base a lo analizado hasta el momento de las ocho especies estudiadas, se encuentran dos grupos. Un primer grupo con un número básico de $x=9$ y un segundo grupo con un $x=14$. Cuando se encuentran diferentes números básicos en especies relacionadas, significa según Löve y Löve (1974) que se tienen géneros distintos, siempre y cuando esta información se relacione con algunas características morfológicas (Moore, 1968) como ocurrió en Hauva y Xylouagra (Raven y Lewis, 1960). Parece que esto mismo sucede entre estos dos grupos de especies. Otra especie que pertenece al grupo de $x=14$ es S. affinis (Goldblatt, 1981c).

En S. secundiflora se observó un cariotipo con 6 pares de cromosomas metacéntricos y 3 pares de metacéntricos-submetacéntricos, un par de cromosomas metacéntricos con constricción secundaria lo que concuerda con Atchison (1949).

S. tomentosa presenta un cariotipo formado por 4 pares de cromosomas metacéntricos, 4 pares de metacéntricos-submetacéntricos y un par de submetacéntricos, un par de cromosomas metacéntricos tiene constricción secundaria, es la primera vez que se reporta su cariotipo. El cariotipo de S. velutina var. zimbabwensis es semejante al de S. tomentosa, la única diferencia observada es que la constricción secundaria en la primera especie se encuentra en un par de cromosomas metacéntricos-submetacéntricos y en la segunda especie se localiza en un par de metacéntricos.

Como se puede analizar, el cariotipo de S. secundiflora es diferente del que presentan S. tomentosa y S. velutina var. zimbabwensis, pero tiene en común con el de S. tomentosa el par de cromosomas metacéntricos con constricción secundaria. Sin embargo, estas tres especies tienen cinco características citológicas semejantes o casi iguales: la presencia de un par de cromosomas con constricción secundaria, su $2n=18$, $n.f.=18$, $x=9$ y un cariotipo simétrico en tamaño y en el tipo de cromosomas que presenta.

Es importante mencionar que Kawakami (1930) informa un $n=9$ y un cariotipo semejante al de S. secundiflora para S. angustifolia, la única diferencia es que esta última especie no tiene un cromosoma con constricción secundaria.

Es interesante también señalar que Atchison (1949) obtiene para S. tetraptera y S. microphylla un par de cromosomas con constricción secundaria y un $2n=18$, al igual de lo que se encontro en las especies con un $2n=18$ estudiadas en este trabajo. Por lo que cabría esperar que aquellas especies del género Sophora que tengan un $2n=18$, presenten un par de cromosomas con constricción secundaria.

El cariotipo de S. japonica está conformado por 13 pares de cromosomas metacéntricos y un par de metacéntricos-submetacéntricos, con 3 pares de cromosomas metacéntricos con constricción secundaria. Este cariotipo es

semejantes al que informaron Fernandes et al. (1977), la única diferencia es que Fernandes et al. (1977) no menciona los 3 pares de cromosomas metacéntricos con constricción secundaria.

El cariotipo de S. conzattii es igual al de S. japonica. Los cariotipos de S. sp. (Tuxtlas) y S. sp. (Molcajac) también son semejantes, y en ellos se observan 12 pares de cromosomas metacéntricos y 2 pares de metacéntricos-submetacéntricos, con 3 pares de cromosomas metacéntricos con constricción secundaria. Todos los anteriores cariotipos son diferentes del de S. sp. (Chamela) ya que esta especie tiene 11 pares de cromosomas metacéntricos y 3 pares de metacéntricos-submetacéntricos, con 3 pares de cromosomas metacéntricos con constricción secundaria. En general los cariotipos de estas cinco especies presentan poca variabilidad.

Estas cinco especies tienen cinco características citológicas semejantes o casi iguales: tres pares de cromosomas metacéntricos con constricción secundaria, su $2n=28$, $n.f.=28$, $x=14$ y un cariotipo simétrico por el tipo de cromosomas que presenta.

Kenton (1986) señala que las relaciones de brazos dentro de los cromosomas que comprenden el cariotipo son usualmente similares en poblaciones y especies relacionadas, así como el número básico de grupos de ligamiento génico. Esto se observa en el grupo de $x=9$ y en el de $x=14$.

Existen diferencias a nivel morfológico entre el grupo de $x=9$ y $x=14$ como se puede observar en la Tabla 4. Entre las más fácilmente apreciables están los diferentes frutos y semillas que presentan ambos grupos (Figs. 2-3). En el primer grupo, formado por las especies S. secundiflora, S. tomentosa, S. velutina var. zimbabwensis y otras no examinadas en este estudio, el fruto es seco, dehiscente o indehiscente, con mesocarpo incompleto y semillas aplanadamente elipsoides o globosas, con radícula corta; y en el segundo grupo, conformado por S. japonica, S. sp. (Tuxtlas), S. sp. (Chamela), S. sp. (Molcajac), S. conzattii y S. affinis no contemplada en este estudio, el fruto es carnoso, indehiscente con mesocarpo completo y semillas oblongo elipsoides, con endospermo alrededor del embrión y radícula incurva. Otra diferencia observable es que el primer grupo no tiene estipelas y el segundo grupo si las presenta (Polhill, 1981).

Por lo anteriormente expuesto, aparentemente se esta hablando de dos géneros, uno con un número básico de $x=9$ y otro con un número básico de $x=14$.

Además de las diferencias citológicas encontradas en este estudio y de las distintas características morfológicas observadas en los dos grupos por Cumbie y Mertz (1962) y por Polhill (1981), también se han encontrado diferencias palinológicas y químicas.

En el aspecto palinológico (Tabla 5, Apéndice V) las diferencias encontradas en los granos de polen por Martínez y Reyes (com. pers., 1986) son las siguientes: para el grupo con $x=9$ los granos de polen poseen una exina subtectada-microreticulada, con tendencia a una reducción en el tamaño de los muros y lúminas hacia los polos, hasta convertirse la exina en tectada-perforada en el área polar; siendo estos granos mayores de 20 micras y de forma subesferoidal a prolada. El segundo grupo con $x=14$ se caracterizó por presentar en sus granos de polen una exina subtectada-microreticulada, tanto en las áreas del mesocarpio como del apocolpio, con ejes polares menores de 20 micras y formas siempre subesferoidales, a excepción de S. japonica y S. affinis, presentando la primera especie un retículo cerrado y la segunda especie una forma prolada. Desde el punto de vista filogenético, Martínez y Reyes (com. pers., 1986) indican que el grupo ancestral lo constituye el grupo con exina exclusivamente microreticulada.

En la parte química Izaddoost (1975, 1979) no detecta alcaloides ni ácidos piperídico y 4-hidroxipiperídico en S. japonica y S. affinis mientras que en otras especies del género si los encuentra.

En S. japonica (Anderson, 1949; Kooiman, 1971) y S. affinis (Bailey, 1974) se encontró el polímero galactomanosa, el cual no se ha detectado en otras especies de este género. La presencia de este polímero en especies relacionadas indica que estas especies pertenecen al mismo género. Por lo que se puede deducir que las especies con un $x=14$ contienen el polímero galactomanosa, lo cual se probará en un futuro al analizar las semillas de S. sp. (Tuxtlas), S. sp. (Chamela), S. sp. (Molcajac) y S. conzattii.

Si se acepta lo que dicen Martínez y Reyes (com. pers., 1986) que

el grupo más primitivo lo constituye el que presenta una exina exclusivamente microreticulada, es decir, el que tiene un $x=14$, entonces esta idea sería opuesta a la indicada por Izaddoost (1975) en el sentido de que él supone, que las especies que contienen los alcaloides de la serie citisina son los miembros más primitivos del género. Pero el mismo Izaddoost (1979) esta de acuerdo con Martínez y Reyes (com. pers., 1986) al considerar que el grupo más primitivo es el que no presenta ácido piperólico. Por lo que es importante, primero recopilar todo tipo de información que ayude a entender las relaciones filogenéticas entre las distintas especies.

Considerando que la tribu Sophoreae probablemente tuvo un origen poliploide con un $x=14$ y en su evolución posterior generó descendencia con números básicos menores, $x=8, 9, 11$, por aneuploidias (Goldblatt, 1981a). Se puede pensar que el grupo que se estableció primero fué el que tiene un $x=14$ y posteriormente por aneuploidias disminuyó a un $x=9$, formándose así el grupo con $x=9$, lo cual estaría de acuerdo con lo supuesto por Martínez y Reyes (com. pers., 1986).

CONCLUSIONES

En base a los estudios citogenéticos realizados en este trabajo y a los ya publicados, se propone un $x=9$ y $2n=18$ para las especies Sophora secundiflora, S. tomentosa y S. velutina var. zimbabwensis.

Para S. japonica, S. sp. (Tuxtlas), S. sp. (Chamela), S. sp. (Molcajac) y S. conzattii se plantea un $x=14$ y $2n=28$.

Tomando en cuenta aspectos palinológicos, químicos y citogenéticos, es probable que el grupo con $x=14$ sea más primitivo que el grupo con $x=9$.

Considerando las diferentes características morfológicas, palinológicas, químicas y citológicas, entre el grupo con un $x=9$ y el grupo con un $x=14$, se fundamenta la idea del cambio de la sección Styphnolobium a género Styphnolobium.

BIBLIOGRAFIA

- ADOVASIO, J. M. and G. F. FRY. 1976. Prehistoric psychotropic drug use in northeastern Mexico and Trans-Peco Texas. *Economic Botany* 30: 94-96.
- AGUILAR C., A. y C. ZOLLA. 1982. Plantas tóxicas de México. IMSS, México, pp. 194-195.
- ALTSCHULL, R. 1975. Drugs and foods from little-known plants. Notes in Harvard University Herbaria. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, pp. 118.
- ANDERSON, E. 1949. Endosperm mucilages of legumes. *Industrial and Engineering Chemistry* 41: 2887-2890.
- ATCHISON, E. 1949. Studies in the Leguminosae. IV. Chromosome numbers and geographical relationships of miscellaneous Leguminosae. *Journal Elisha Mitchell Scientific Society* 65: 118-122.
- _____. 1951. Studies in the Leguminosae. VI. Chromosome numbers among tropical woody species. *Amer. Journ. Bot.* 38: 538-546.
- AYALA, F. J. 1982. Mecanismos de la Evolución. Pp. 13-28, en *Evolución* (2ed.). Ed. Labor, Barcelona, España.
- BAILEY, R. W. 1964. Oligosaccharides and oligosaccharases of Sophora japonica, Sophora tetraptera, and related species. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 107: 355-358.
- _____. 1971. Polysaccharides in the Leguminosae. Pp. 503-541, in J. B. Harborne, D. Boulter and B. L. Turner (editors), *Chemotaxonomy of the Leguminosae*. Academic Press, London.
- _____. 1974. Galactomannans and other soluble polysaccharides in Sophora seed. *New Zealand Journal of Botany* 12: 131-136.
- BARRERA, A. 1979. La etnobotánica: tres puntos de vista y una perspectiva. INIREP, Jalapa Ver., México, pp. 19-21.
- BELL, E. A. 1971. Comparative biochemistry of non-protein amino acids. Pp. 196-206, in J. B. Harborne, D. Boulter and B. L. Turner (editors), *Chemotaxonomy of the Leguminosae*. Academic Press, London.
- BERGER, C. A., E. R. WITKINS and R. M. McMAHON. 1958. Cytotaxonomic studies in the Leguminosae. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 85(6): 405-415.
- BIANCHI, N. O. 1978. Duplicación cromosómica y heterocromatina a nivel

- molecular y citológico. OEA, Washington, D. C., 98 p.
- BIR, S. S. and M. SIDHU. 1980. Cyto-palynological studies on weed flora of cultivable lands of patiala district (Punjab). *Journal of Palynology* 16(1,2): 85-105.
- BRIGGS, L. H. and W. S. TAYLOR. 1938. Sophora alkaloids. Part II. Alkaloids of seeds of S. tetraptera. *Journ. Chem. Soc. (London) (Aug.):* 967-2120.
- BRITTON, N. L. and A. BROWN. 1913. An illustrated flora of the northern United States, Canada and the British possessions (2ed.). III. Fl., 2: 342.
- CANDOLLE, A. P. de. 1825. *Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis. Pars secunda. Sistens calyciflorarum ordines X. Prodr. 2: 96.*
- CONGER, A. D. and L. M. FAIRCHILD. 1953. A quick-freeze method for making smear slides permanent. *Stain. Technol.* 28: 281-283.
- CUMBIE, B. G. and D. MERTZ. 1962. Xylem anatomy of Sophora (Leguminosae) in relation to habit. *Amer. Journ. Bot.* 49(1): 33-40.
- DARLINGTON, C. D. and A. P. WYLIE. 1955. Chromosome atlas of flowering plants (2ed.). George Allen & Unwin LTD., London, pp. 170.
- DeCANDOLLE, ver CANDOLLE.
- DOBZHANSKY, T. 1975. Genética del proceso evolutivo. Ed. Extemporaneos, México, pp. 51-52.
- DYER, A. F. 1979. Investigating chromosomes. Edward Arnold (Publishers) LTD., London, pp. 72.
- ERDTMAN, G. 1952. Pollen morphology and plant taxonomy. Angiosperms. *Almqvist & Wiksell, Stockholm*, pp. 18-23.
- EVERITT, J. H. 1983. Germination of mescal bean (Sophora secundiflora) seeds. *Southwest Nat.* 28(4): 437-444.
- FEDEROV, A. (editor). 1974. Chromosome numbers of flowering plants. Reprint by Otto Koeltz Science Publishers, West-Germany, pp. 317.
- FERGUSON, I. K. and J. J. SKVARLA. 1981. The pollen morphology of the subfamily Papilionoideae (Leguminosae). Pp. 859-896, in R. M. Polhill and P. H. Raven (editors), *Advances in legume systematics part 2.* Royal Botanic Gardens, Kew, England.
- FERNANDES, A., M. F. SANTOS and M. QUEIROS. 1977. Contribution á la connaissance cytotoxinomique des spermatophyta du Portugal. IV. Leguminosae (supp. 2). *Bol. Soc. Brot. Sér. 2*, 51: 137-186.
- FRITZSCHE, J. 1837. Über den pollen. *Mém. Sav. Etrang. Acad. Sc. St.*

Petersburg: 649-672.

- GAMERRO, J. C. 1972. Desarrollo de la palinología en Argentina. Memorias de symposia del I congreso latinoamericano y V mexicano de botánica, Soc. Bot. de México, México, D. F.: 35-60.
- GARCIA V., A. 1977. Manual de técnicas de citogenética. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México, 118 p.
- _____. 1984. Estudio cromosómico en Zebrina pendula Schnizl. (Commelinaceae). I. Variación en el número cromosómico a nivel tetraploide, n. f. 28. Agrociencia (Chapingo, México) 58: 59-72.
- GOLDBLATT, P. 1981a. Cytology and the phylogeny of Leguminosae. Pp. 427-463, in R. M. Polhill and P. H. Raven (editors), Advances in legume systematics part 2. Royal Botanic Gardens, Kew, England.
- _____. (editor). 1981b. Index to plant chromosome numbers. 1975-1978. Monographs in systematic botany from the Missouri Botanical Garden vol. 5, pp. 259.
- _____. 1981c. Chromosome numbers in legumes II. Ann. Missouri Bot. Gard. 68: 551-557.
- _____. (editor). 1984. Index to plant chromosome numbers. 1979-1981. Monographs in systematic botany from the Missouri Botanical Garden vol. 8, pp. 194.
- _____. (editor). 1988. Index to plant chromosome numbers. 1984-1985. Monographs in systematic botany from the Missouri Botanical Garden vol. 23, pp. 122.
- _____ and G. DAVIDSE. 1977. Chromosome numbers in legumes. Ann. Missouri Bot. Gard. 64: 121-128.
- HARTMANN, H. T. y D. E. KESTER. 1982. Propagación de plantas, principios y prácticas. CECSA, México, 814 p.
- HATFIELD, G. M., L. J. J. VALDES, W. J. KELLER, W. L. MERRILL and V. H. JONES. 1977. An investigation of Sophora secundiflora seeds (mesalbeans). Lloydia 40(4): 374-383.
- HEYWOOD, V. H. 1971. The Leguminosae -A systematic purview. Pp. 1-29, in J. B. Harborne, D. Boulter and B. L. Turner (editors), Chemotaxonomy of the Leguminosae. Academic Press, London.
- HITCHCOCK, A. S. and M. L. GREEN. 1947. Supplement species lectotypicae generum Linnaei. Brittonia 6(1): 114-118.
- HUTCHINSON, J. 1964. The genera of flowering plants (angiospermae). Oxford at the Clarendon Press, vol. 1, pp. 221-489.

- IZADDOOST, M. 1975. Alkaloid chemotaxonomy of the genus Sophora.
Phytochemistry 14(1): 203-204.
- _____. 1979. Synergistic effects of alkaloids and pipercolic acid on the
toxicity of the seeds of Sophora secundiflora. Texas Journ. Science
31(4): 319-323.
- _____, B. G. HARRIS and R. W. GRACY. 1976. Structure and toxicity of
alkaloids and amino acids of Sophora secundiflora. Journ. Pharm. Sci.
65: 352.
- JOHN, B. 1976. Population cytogenetics. Ed. Arnold the Camelot Press, LTD.,
Southampton, England. 76 p.
- JONES, K. 1978. Aspects of chromosome evolution in higher plants. Pp.
117-193, in H. W. Woolhouse (editor), Advances in botanical research
vol. 6. Academic Press, London.
- KATO Y., T. A. 1978. La información básica en el plasma germinal.
Pp. 49-55, en T. Cervantes S. (editor), Recursos genéticos disponibles
a México. Soc. Mex. de Fitogenética, Chapingo, México.
- KAWAKAMI, J. 1930. Chromosome numbers in Leguminosae. The Botanical
Magazine, Tokyo 44(522): 319-328.
- KENTON, A. 1968. Importancia de los cromosomas en la especiación y evolución
como base para el conocimiento y caracterización de especies vegetales
con valor potencial. Memorias del III seminario Maximino Martínez:
La aplicación de la citogenética en el conocimiento biológico de los
recursos vegetales en México. Jardín Bot. Inst. Biol. UNAM: 11-36.
- KOOIMAN, P. 1971. Structures of the galactomannans from seeds of
Annona muricata, Arenga saccharifera, Cocos nucifera,
Convolvulus tricolor and Sophora japonica. Carbohydrate Research
20: 329-337.
- KRAPOVICKAS, A. 1972. La información cromosómica y su importancia en la
sistemática. Memorias de symposia del I congreso latinoamericano y
V mexicano de botánica, Soc. Bot. de México, México, D. F.: 247-264.
- LACADENA, J. R. 1981. Genética (3ed.). AGESA, Madrid, España. 1303 p.
- _____. 1985. Comportamiento cromosómico. Investigación y Ciencia
110: 92-103.
- LEHNINGER, A. L. 1981. Bioquímica, las bases moleculares de la estructura
y función celular (2ed.). Ed. Omega, Barcelona, España, 1117 p.
- LEONARD, N. J. 1953. Lupin alkaloids. Pp. 119-199, in R. H. F. Manske and
H. L. Holmes (editors), The alkaloids vol. 3. Academic, New York.

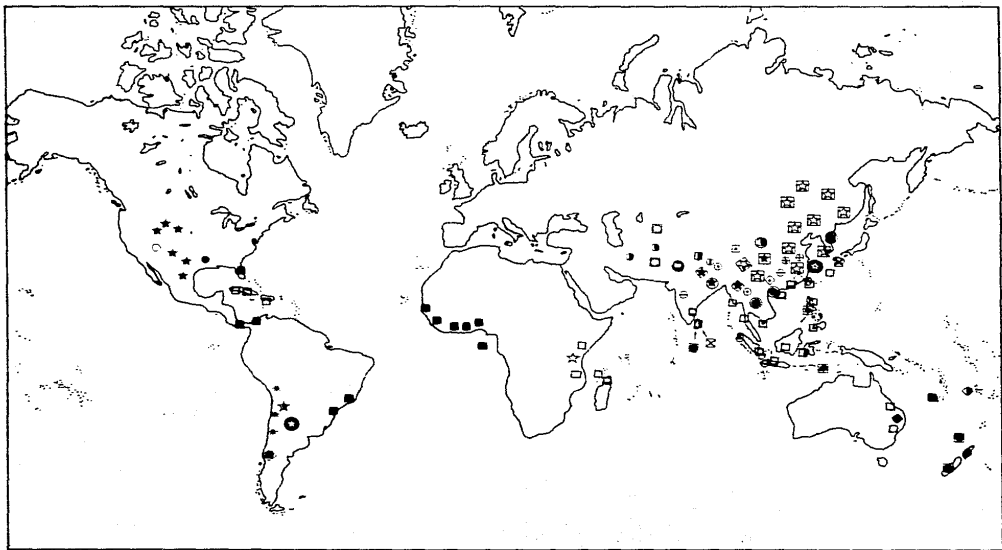
- LEVAN, A., K. FREDGA and A. A. SANDBERG. 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas* 52: 201-220.
- LEVITZKY, G. A. 1931. The karyotype in systematics. *Bull. Appl. Bot. Genet. & Plant Breed.* 27: 220-240.
- LÖVE, A. and D. LÖVE. 1974. *Cytotaxonomical atlas of the Slovenian flora.* Cramer, Germany, vol. 1, 1241 p.
- MARTINEZ, M. 1959. *Plantas útiles de la flora mexicana.* Ed. Botas, México, pp. 502.
- _____. 1979. *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas.* Ed. Fondo de Cultura Económica, México, pp. 1182.
- MAYR, E. 1982. La evolución. Pp. 1-12, en *Evolución* (2ed.). Ed. Labor, Barcelona, España.
- MEARS, J. A. and T. J. MABRY. 1971. Alkaloids in the Leguminosae. Pp. 78-178, in J. B. Harborne, D. Boulter and B. L. Turner (editors), *Chemotaxonomy of the Leguminosae.* Academic Press, London.
- MERRILL, W. L. 1977. An investigation of ethnographic and archaeological collections of mescalbeans (*Sophora secundiflora*) in american museums. University of Michigan, Museum of Anthropology Technical Report No. 6.
- MOORE, D. M. 1968. The karyotype in taxonomy. Pp. 61-75, in W. H. Heywood (editor), *Modern methods in plant taxonomy.* Academic Press, London.
- _____. 1979. *Citogenética vegetal.* Ed. Omega, Barcelona, España, 88 p.
- NARANJO, C. A., L. POGGIO and P. E. BRANDHAM. 1983. A practical method of chromosome classification on the basis of centromere position. *Genetica* 62: 51-53.
- _____ and L. POGGIO. 1986. A new template for direct morphological classification of chromosomes. *Darwiniana* 27(1-4): 39-41.
- OKUDA, S., M. YOSHIMOTO and K. TSUDA. 1966. Studies on lupin alkaloids. IV. Total syntheses of optically active matrine and allomatrine. *Chem. Pharm. Bull.* 14(3): 275-279.
- PALOMINO, G. 1985. Los estudios citogenéticos como apoyo al conocimiento de los recursos genéticos. *Memorias del seminario sobre la investigación genética básica en el conocimiento y evaluación de los recursos genéticos, Jardín Bot. Inst. Biol. UNAM-SOMEFI, México:* 82-95.
- _____ and P. MERCADO. 1983. Cytological studies in the genus *Oxyrhynchus* (Leguminosae). *Kew Chromosome Conference II, George Allen & Unwin,*

- London: 358.
- _____, P. MERCADO and T. P. RAMAMOORTHY. 1986. Chromosomes of Salvia subgenus Calophace (Lamiaceae), a preliminary report. *Cytologia* 51: 381-386.
- _____, R. VIVEROS and R. A. BYE, Jr. 1988. Cytology of five mexican species of Datura L. (Solanaceae). *Southwest Nat.* 33(1): 85-90.
- _____, and V. ROMO. 1988. Karyotypic studies in two mexican species of Echeandia Ort. (Liliaceae). *Southwest Nat.* 33(3): 382-384.
- PAYNE, W. W. 1972. Observation of harmomegathy in pollen of anthophyta. *Grana* 12: 93-98.
- PLUGGE, P. C. and A. RAUWERDA. 1896. Fortgesetzte untersuchungen über das vorkommen von cytisin in verschiedenen Papilionaceae. *Arch. Pharm.* 234: 685.
- POLHILL, R. M. 1981. Sophoreae Sprengel (1818). Pp. 213-230, in R. M. Polhill and P. H. Raven (editors), *Advances in legume systematics part 1*. Royal Botanic Gardens, Kew, England.
- RAFFAUF, R. F. 1970. *A handbook of alkaloids and alkaloid containing plants*. Wiley Interscience, New York, s. p.
- RAVEN, P. H. 1975. The bases of angiosperm phylogeny: cytology. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 62: 724-764.
- _____, and H. LEWIS. 1960. Observations on the chromosomes and relationships of Hauya and Xylonagra. *Aliso* 4(3): 483-484.
- REID, J. S. G. and H. MEIER. 1970. Chemotaxonomic aspects of the reserve galactomannans in leguminous seeds. *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie* 62: 89-92.
- REYNOLDS, R. and J. D. IRVIN. 1980. A survey of selected plants for the presence of eukaryotic protein biosynthesis inhibitors. *Texas Journ. Science* 32(1): 55-57.
- RUDD, V. E. 1968. Leguminosae of Mexico-Faboideae I. Sophoreae and Podalyrieae. *Rhodora* 70: 492-532.
- _____. 1971. Studies in the Sophoreae (Leguminosae) I. *Phytologia* 21(5): 327.
- _____. 1972. Leguminosae-Faboideae-Sophoreae. *North american flora, series II, part 7*, Botanical Garden, New York, 53 p.
- RZEDOWSKI, J. 1981. *Vegetación de México*. Ed. Limusa, México, 432 p.
- SAENZ R., C. 1978. *Polen y esporas*. Ed. H. Blume, Madrid, España, 219 p.
- SAEZ, F. A. y H. CARIXOSO. 1978. *Citogenética básica y biología de los*

- cromosomas. OEA, Washington, D. C., 124 p.
- SCAGEL, R. F., R. J. BANDONI, G. E. ROUSE, W. B. SCHFIELD, J. R. STEIN y T. M. C. TAYLOR. 1977. El reino vegetal, los grupos de plantas y sus relaciones evolutivas. Ed. Omega, Barcelona, España, 659 p.
- SCHULTES, R. E. 1982. Plantas alucinógenas. Ed. Científicas la Prensa Médica Mexicana, pp. 94-95.
- _____ and A. HOFMANN. 1980. The botany and chemistry of hallucinogens. Charles C. Thomas Publisher, Springfield, Illinois, USA, pp. 157-163.
- SERBANESCU-JITARIU, G. and N. RADULESCU-MITROIU. 1985. Morphology and structure of pollen grains of some melliferous Leguminosae. Stud. Cercet. Biol. Ser. Biol. Veg. 37(1): 24-28.
- SHIRATAKI, Y., M. ENDO, I. YOKOE and M. KOMATSU. 1983. Studies on the constituents of Sophora species. XVIII. Constituents of the root of Sophora tomentosa L. Chem. Pharm. Bull. 31(8): 2859-2863.
- SOTA, E. R. 1982. La taxonomía y la revolución de las ciencias biológicas. OEA, Washington, D. C., 90 p.
- SOTER, D., MO-YIN CHAN, SHIUH-SHENG LEE and C. W. OGLE. 1986. The antiarrhythmic effects of Sophora flavescens in rats and mice. Am. J. Chin. Med. 14(3-4): 119-123.
- STACE, C. A. 1980. Plant taxonomy and biosystematics. University Park Press, Baltimore, Great Britain, 279 p.
- STANDLEY, P. C. 1926. Trees and shrubs of Mexico. Smithsonian Press, Washington, D. C., vol. 1, pp. 435-436.
- STEBBINS, G. L. 1971. Chromosomal evolution in higher plants. Edward Arnold Publishers, LTD., London, pp. 72-123.
- STEWART, F. C. and D. J. DURZAN. 1965. Metabolism of nitrogenous compounds. Pp. 379-686, in F. C. Stewart (editor), Plant physiology, a treatise vol. 4. Academic Press, London.
- SWANSON, C. P., T. MERZ y W. J. YOUNG. 1968. Citogenética. Ed. UTEHA, México, 321 p.
- SWEET, R. 1830. Sweet's hortus britannicus; or a catalogue of plants, indigenous, Great Britain (2ed.). Hort. Brit.: 122.
- TSOONG, P. C. and C. Y. MA. 1981a. A study on the genus Sophora Linn. (new taxa). Acta Phytotax. Sin. 19(1): 1-22.
- _____ and _____. 1981b. A study on the genus Sophora Linn. (new taxa) (continued). Acta Phytotax. Sin. 19(2): 143-167.
- VINES, R. A. 1976. Tree, shrubs and woody vines of the southwest. Dan

- Danciger Publication Fund. Univ. Texas Press, Austin, pp. 568-571.
- VOVIDES, A. P. 1985. El papel de los estudios biosistemáticos en los recursos genéticos. Memorias del seminario sobre la investigación genética básica en el conocimiento y evaluación de los recursos genéticos, Jardín Bot. Inst. Biol. UNAM-SOMEFI, México: 107-119.
- WALKER, J. W. 1971. Pollen morphology, phytogeography, and phylogeny of the Annonaceae. Contr. Gray Herb. 202: 1-132.
- _____ and J. A. DOYLE. 1975. The bases of angiosperm phylogeny: palynology. Ann. Missouri Bot. Gard. 62(3): 664-723.
- WET, J. M. J. 1971. Polyploidy and evolution in plants. Taxon 20(1): 29-35.
- WODEHOUSE, R. P. 1935. Pollen grains. McGraw-Hill Book Co., New York, pp. 11-28.
- WYMAN, D. 1959. Trees for american gardens. Macmillan Co., New York, pp. 319-320.
- YAKOVLEV, G. P. 1967. Systematical and geographical studies of genus Sophora L. and allied genera. Proc. Leningr. Chem.-Pharm. Inst. 21: 42-62.
- _____. 1968. The genus Calia Teran & Berl. (Sophoreae) in America. Proc. Leningr. Chem.-Pharm. Inst. 26: 104-112.
- _____. 1972. The choice of lectotype for the genus Sophora L. Taxon 21(5-6): 716.
- ZACHOWSKI, J. 1938. Zur pharmakologie des cytisins. Arch. Exp. Path. Pharmacol. 189: 327-344.

APENDICE I. Distribución geográfica del género Sophora L. (Yakovlev, 1967).



APENDICE 1. Distribución geográfica del género Sophora L. (Yakovlev, 1967).

-
- Styphnolobium affine (Torr. et Gray) Walp.
 - Sophora stenophylla A. Gray
 - ★ S. carnosa (Pursh) Yakovl.
 - S. tomentosa subsp. tomentosa
 - S. tomentosa subsp. occidentalis (L.) Brummitt et Gillett
 - ☆ S. inhambanensis Klotzsch
 - S. tomentosa subsp. australis Yakovl.
 - ◆ S. fraseri Benth.
 - ◇ S. chrysophylla Seem.
 - S. microphylla Ait.
 - S. tetraptera Mill.
 - S. macrocarpa Sm.
 - ◆ S. microphylla subsp. macnabiana (R. Grah.) Yakovl.
 - ★ S. rhynochocarpa
 - S. linearifolia Griseb.
 - S. flavescens Ait.
 - S. violacea Thw.
 - S. longipes Merr.
 - S. velutina subsp. velutina f. bakeri (Prain) Yakovl.
 - S. violacea Thw. subsp. pilosa (Gagnep.) Yakovl.
 - S. praetorulosa Chun et T. Chen
 - ◇ S. flavescens, S. velutina subsp. velutina
 - S. velutina subsp. cavaleriei (Leveille) Yakovl.
 - ◆ S. velutina subsp. velutina f. velutina
 - S. griffithii Stocks subsp. hortensis
 - S. griffithii Stocks
 - S. interrupta Bedd.
 - S. koreensis Nakai
 - S. praseri subsp. praseri
 - S. praseri subsp. wilsonii (Craib) Yakovl.
 - S. praseri subsp. mairei (Pamp.) Yakovl.
 - ◇ S. praseri subsp. franchetiana (Dunn) Yakovl.
 - S. moorcroftiana subsp. moorcroftiana
-

APENDICE I. Continuación.

-
- ① S. moorcroftiana subsp. viciifolia (Hance) Yakovl.
 - S. tonkinensis Gagnep.
 - S. subprostrata Chun et T. Chen
 - ⊖ S. wightii subsp. wightii
 - ⊖ S. wightii subsp. benthamii (Steen.) Yakovl.
 - ⊗ S. zeylanica Trim.
-

APENDICE II. Sinónimos del género Sophora L. (Rudd, 1968, 1972).

Broussonetia Gómez-Ortega
Patrinia Raf.
Sophora sect. Eusophora DC.
Sophora sect. Pseudosophora DC.
Pseudosophora (DC.) Sweet
Styphnolobium Schott
Vexibia Raf.
Calia Berlandier
Zanthyrasis Raf.
Agastianis Raf.
Dermatophyllum Scheele
Vibexia Raf.
Edwardsia Salisb.
Radiusia Reichb.
Ammothamnus Bunge
Goebelia Bunge ex Boiss.
Keyserlingia Bunge ex Boiss.
Echinosophora Nakai

APENDICE III. Arreglo sistemático del género Sophora L. propuesto por Yakovlev (1967).

Sección	Tipo Sección	Especies que la Integran
<u>Cephalostigmaton</u> Yakovl.	<u>S. tonkinensis</u> Gagnep.	<u>S. tonkinensis</u> Gagnep.
<u>Wightia</u> Yakovl.	<u>S. wightii</u> Baker	<u>S. zeylanica</u> Trim. <u>S. subprostrata</u> Chun et T. Chen <u>S. wightii</u> Baker subsp. <u>wightii</u> subsp. <u>koordesii</u> (Backer ex Koord.- Schum.) Yakovl. subsp. <u>benthamii</u> (Steen.) Yakovl. <u>S. praseri</u> Prain subsp. <u>praseri</u> subsp. <u>mairei</u> (Pamp.) Yakovl. subsp. <u>wilsonii</u> (Craib) Yakovl. subsp. <u>franchetiana</u> (Dunn) Yakovl. <u>S. flavescens</u> Ait. subsp. <u>flavescens</u> subsp. <u>angustifolia</u> (Sieb. et Zucc.) Yakovl.
<u>Disenaea</u> (Lindl.) Yakovl.	<u>S. velutina</u> Lindl.	<u>S. velutina</u> Lindl. subsp. <u>velutina</u> subsp. <u>cavaleriei</u> (Leveille) Yakovl. subsp. <u>zimbabwensis</u> Gillet et Brummitti

APENDICE III. Continuación.

Sección	Tipo Sección	Especies que la integran
<u>Pseudosophora</u> DC.	<u>S. alopecuroides</u> L.	<u>S. longipes</u> Merrill. <u>S. praetorulosa</u> Chun <u>et</u> T. Chen <u>S. violacea</u> Thw. subsp. <u>violacea</u> subsp. <u>pilosa</u> (Gagnep.) Yakovl. <u>S. fraseri</u> Benth. <u>S. alopecuroides</u> L. subsp. <u>alopecuroides</u> subsp. <u>tomentosa</u> (Bge. ex Boiss) Yakovl. subsp. <u>jaubertii</u> (Spach) Borza <u>S. pachycarpa</u> Schrenk ex C. & Mey. <u>S. stenophylla</u> Gray <u>S. carnosia</u> (Pursh) Yakovl.
<u>Hammermannia</u> Yakovl.		<u>S. moorcroftiana</u> (Benth.) Baker subsp. <u>moorcroftiana</u> subsp. <u>vicinitolia</u> (Hance) Yakovl.
<u>Ammothamnus</u> (Bge.) Yakovl.		<u>S. songorica</u> Schrenk <u>S. lehmani</u> (Bge.) Yakovl.

APENDICE III. Continuación.

Sección	Tipo Sección	Especies que la Integran
<u>Sophora</u>		<p><u>S. gibbosa</u> (DC.) Yakovl.</p> <p><u>S. tomentosa</u> L. subsp. <u>tomentosa</u> subsp. <u>australis</u> Yakovl. subsp. <u>occidentalis</u> (L.) Brummitti subsp. <u>havenensis</u> (Jacq.) Yakovl. subsp. <u>longiflora</u> Yakovl.</p> <p><u>S. inhambanensis</u> Klotzsch</p> <p><u>S. oligosperma</u> Urb. et Ekm.</p>
<u>Edwardsia</u> Seem.		<p><u>S. denudata</u> Bory var. <u>denudata</u> var. <u>sericea</u> (Duham.) Yakovl.</p> <p><u>S. chrysophylla</u> (Salisb.) Seem.</p> <p><u>S. macrocarpa</u> Sm.</p> <p><u>S. fernandeziana</u> (Phil.) Skottsb.</p> <p><u>S. masafuerana</u> (Phil.) Skottsb.</p> <p><u>S. reediana</u> (Phil.) Yakovl.</p> <p><u>S. toromiro</u> (Phil.) Skottsb.</p> <p><u>S. microphylla</u> Ait. subsp. <u>microphylla</u> subsp. <u>macnabiana</u> (R. Grah.) Yakovl.</p>

APENDICE III. Continuación.

Sección	Tipo Sección	Especies que la Integran
<u>Keyserlingia</u> (Bge. ex		<u>S. tetraptera</u> J. Mill. subsp. <u>tetraptera</u> subsp. <u>howinsula</u> (W. R. B. Oliver) Yakovl.
		<u>S. interrupta</u> Bedd. var. <u>interrupta</u> var. <u>ferruginea</u> Yakovl.
		<u>S. griffithii</u> Stocks subsp. <u>griffithii</u> subsp. <u>hortensis</u> (Boiss et Buhse) Yakovl.
		<u>S. koreensis</u> Nakai
		<u>S. rhynchocarpa</u> Griseb.
		<u>S. linearifolia</u> Griseb.
		<u>S. albo-petiolutata</u> Leonard
		<u>S. somalensis</u> Chiov.

APENDICE IV. Arreglo sistemático del género Sophora L. propuesto por Tsoong y Ma (1981a, 1981b).

Subgénero Sophora

La legumbre consiste de tres estratos de pericarpo incompleto (mesocarpo degenerado en dos franjas), diferentes modos de dehiscencia en la madurez y flores ebracteoladas.

Tipo subgénero: S. tomentosa L.

Sección I Disamaea Lindl.

Legumbre madura dehiscente típicamente en dos valvas.

Tipo sección: S. velutina Lindl.

Serie 1 Velutinae Tsoong

Tipo serie: S. velutina Lindl.

1. S. dunnii Prain
2. S. velutina Lindl. var. velutina
var. albescens (Rehd.) Tsoong
var. cavaleriei (Lévl.) Tsoong
3. S. bakeri C. B. Clarke ex Prain

4. S. ambigua Tsoong

Serie 2 Tonkinenses Tsoong

5. S. tonkinensis Gagnep.

Sección II Pseudosophora DC.

Legumbre dehiscente en dos valvas a lo largo de dos suturas con evidentes líneas de rompimiento sobre la superficie de las dos valvas.

Tipo sección: S. moorcroftiana (Grah.) Benth. ex Baker

Serie 3 Soongaricae Tsoong

Tipo serie: S. soongarica Schrenk

6. S. lehmannii O. Kuntze
7. S. soongarica Schrenk
8. S. gibbosa O. Kuntze

Serie 4 Alopecuroides Tsoong

9. S. alopecuroides L. var. alopecuroides
var. tomentosa Bornm.

Serie 5 Moorcroftianae Tsoong

 APENDICE IV. Continuación.

Tipo serie: S. moorcroftiana (Grah.) Benth. ex Baker

10. S. moorcroftiana (Grah.) Benth. ex Baker

11. S. viciifolia

Sección III Sophora

La legumbre tiene una parte del epicarpo (incluyendo mesocarpo y las dos suturas), dehiscentes a lo largo de la línea de rompimiento y el endocarpo (incluyendo parte del epicarpo) dehiscente a lo largo de dos suturas, así dividido en modo de cruz en cuatro valvas.

Tipo sección: S. tomentosa L.

Serie 6 Sericeae Tsoong

Tipo serie: S. nuttaliana Turner

12. S. stenophylla A. Gray

13. S. nuttaliana Turner

14. S. jaubertii Spach. ex Jaub. et Spach.

Serie 7 Flavescentes Tsoong

Tipo serie: S. flavescens Ait.

15. S. flavescens Ait. var. flavescens
var. galegoides DC.

Serie 8 Fraserianae Tsoong

Tipo serie: S. fraseri Benth.

16. S. fraseri Benth.

Serie 9 Koreenses Tsoong

Tipo serie: S. koreensis Nakai

17. S. koreensis Nakai

Serie 10 Molles Tsoong

Tipo serie: S. mollis Grah.

18. S. mollis Grah. var. mollis
var. duthiei Prain
var. hydaspidis Baker
var. griffithii (Stock) Tsoong

19. S. interrupta Bedd.

Serie 11 Tetrapterae Tsoong

Tipo serie: S. tetraptera J. F. Mill.

 APENDICE IV. Continuación.

20. S. denudata Tory
21. S. chrysophylla Seem. var. chrysophylla
var. glabrata Rock.
22. S. unifoliata (Rock.) Deg. et Sherff.
23. S. toromiro Skottsb.
24. S. prostrata J. Buch.
25. S. microphylla Soland ex Ait.
26. S. chathamica Cock
27. S. tetraptera J. S. Mill.
28. S. howinsula (Oliv.) Tsoong
29. S. fernandeziana Skottsb. var. fernandeziana f. fernandeziana
f. glacillor
Skottsb.
var. reendeana Skottsb.
30. S. masafuerana Skottsb.
31. S. macrocarpa Smith
- Serie 12 Tomentosae Tsoong
Tipo serie: S. tomentosa L.
32. S. polyphylla Urb.
33. S. tomentosa L. var. tomentosa f. tomentosa
f. glabra Steen.
var. occidentalis (L.) Brummitt
var. bahamensis Tsoong
34. S. inhambanensis Klotz.
- Serie 13 Wightianae Tsoong
Tipo serie: S. wightii Baker
35. S. prazeri Prain var. prazeri
var. micrantha Tsoong
var. mairei (Pamp.) Tsoong
var. burkei Tsoong
36. S. benthamii V. Steen.
37. S. wightii Baker
38. S. ceylonica Trim.
- Serie 14 Rubriflorae Tsoong
-

APENDICE IV. Continuación.

Tipo serie: S. rubriflora Tsoong

39. S. praetorulosa Chun et T. Chen

40. S. exigua Criab var. exigua
var. elatior Tsoong

41. S. longipes Merr.

42. S. rubriflora Tsoong

Subgénero Styphnolobium (Schott.) Tsoong

La legumbre consiste de tres estratos completos, de pericarpo carnoso o leñoso, indehiscente después de la madurez.

Tipo subgénero: S. japonica L.

Sección IV Raphanocarpus Tsoong

El epicarpo membranoso, mesocarpo tiene evidente reticulación nervada, endocarpo carnoso y semillas cubiertas parcialmente.

Tipo sección: S. pachycarpa Schrenk. ex C. A. Meyer

Serie 15 Pachycarpae Tsoong

Tipo serie: S. pachycarpa Schrenk. ex C. A. Meyer

43. S. pachycarpa Schrenk. ex C. A. Meyer

Sección V Arizoniatae Tsoong

La legumbre esta escasamente distorciónada, epicarpo membranoso, mesocarpo carnoso, y endocarpo elástico.

Tipo sección: S. arizonica S. Watson

Serie 16 Arizonicae Tsoong

Tipo serie: S. arizonica S. Watson

44. S. purpusii T. S. Brand.

45. S. arizonica S. Watson var. arizonica
var. formosa (Kearn. et Peebl.) Tsoong

Sección VI Agastianus (Rafin.) Tsoong

En la legumbre el epicarpo y mesocarpo aparentemente lignificado, y el endocarpo es casi membranoso.

APENDICE IV. Continuación.

Tipo sección: S. secundiflora Lag. ex DC.

Serie 17 Secundiflorae Tsoong

Tipo serie: S. secundiflora Lag. ex DC.

46. S. secundiflora Lag. ex DC. f. secundiflora
f. zanthosperma

Sección VII Styphnolobium (Schott.) Tsoong

En la legumbre el epicarpo es membranoso, mesocarpo y endocarpo son carnosos y folíolos con estipelas subuladas.

Tipo sección: S. japonica L.

Serie 18 Affines Tsoong

Tipo serie: S. affinis Torrey et Gray

47. S. affinis Torrey et Gray

Serie 19 Japonicae Tsoong

Tipo serie: S. japonica L.

48. S. japonica L. var. japonica f. japonica
f. pendula
f. oligophylla Franch.
f. columnalis Schwer
f. variegata Nichols
f. hybrida Carr.

var. pubescens (Tausch.) Bosse

var. vestita Rehd.

var. violacea Carr.

var. praecox Schwer

APENDICE V.

Granos de polen de: A. Sophora secundiflora (Gómez-Ortega) Lag. ex DC. 4,000x, B. S. tomentosa L. 4,000x, C. S. arizonica Wats. 4,000x, D. S. macrocarpa Sm. 4,000x, E. S. japonica L. 4,000x, F. S. affinis Torr. et Gray 4,000x, G. S. sp. (Tuxtlas) 4,000x, H. S. sp. (Chamela) 2,000x, I. S. sp. (Molcajac) 4,000x, J. S. konzattii Standl. 4,000x. Se observan diferencias en el tamaño y forma de los granos de polen. Las especies A-D, F tienen un grano de mayor tamaño, y su forma es prolada a subesferoidal. Las especies E, F-H sus granos son más pequeños y forma subesferoidal.

Superficie de la exina de los granos de polen de las especies: K. S. secundiflora, L. S. tomentosa, M. S. arizonica, N. S. macrocarpa, Ñ. S. japonica, O. S. affinis, P. S. sp. (Tuxtlas), Q. S. sp. (Molcajac), R. S. konzattii. Todas a 10,000x. Se aprecian diferencias en el tipo de retículo. Las especies K-Ñ tienen un retículo cerrado y las especies O-R lo presentan abierto.

Las fotografías fueron tomadas en un microscopio electrónico de barrido (MEB) y facilitadas por el Dr. E. Martínez.

