

CRUZAS INTERESPECIFICAS EN EL GENERO  
Parthenium

FRANCISCA RAMIREZ GODINA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
EN FITOMEJORAMIENTO



Universidad Autónoma Agraria  
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

DICIEMBRE DE 1990

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular  
de asesoría y aprobada como requisito parcial, para obtener  
el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS  
EN FITOMEJORAMIENTO**



Comité Particular

BIBLIOTECA  
EGIDIO G. REBONATO  
BANCO DE TESIS  
U.A.A.A.N.

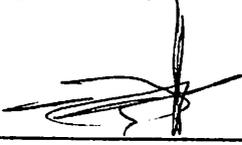
Asesor principal:

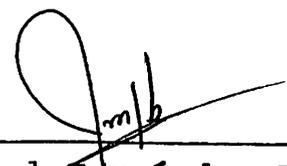
  
\_\_\_\_\_  
Dr. Alfonso López Benítez

Asesor:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvadi

Asesor:

  
\_\_\_\_\_  
MC. Fernando Borrego Escalante

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Manuel Fernández Brondo  
Subdirector de Asuntos de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México  
Diciembre de 1990

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por el apoyo y facilidades que me brindaron para realizar mis estudios de maestría.

Al Dr. Alfonso López Benítez, quien con su interés y dedicación, dirigió el presente trabajo. Mi más sincero agradecimiento por su orientación y apoyo.

Al Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvadi por sus enseñanzas, apoyo e interés mostrado durante el desarrollo de esta investigación.

Al MC. Fernando Borrego Escalante por su valiosa colaboración y sugerencias al presente trabajo.

Agradezco de una manera muy especial a mis compañeros y amigos Ing. Mauro Hernández Segura y TLQ Leticia Portos Gaona, por su amistad incondicional y contribución desinteresada durante el desarrollo de esta investigación.

A la Sra. Lourdes Villarreal Saucedo por su amistad y excelente trabajo de mecanografía.

A todas las personas que colaboraron directa o indirectamente en la realización de este trabajo, mi mas sincero agradecimiento.

## DEDICATORIA

A mis padres:

*Perfecto Ramírez Contreras y  
Sidronia Godina de Ramírez,*

*por que son lo mas grande que Dios  
me ha dado, y porque ellos me han  
enseñado todas las cosas positivas  
de la vida; y nunca dejarán de ser  
fuente inagotable de cariño, respe  
to y admiración.*

A mis hermanos:

*Juana María, José Guadalupe, Ricardo, Luis,  
Leticia, Cecilia, Javier, Felipe y Nancy,*

*de quienes siempre he recibido apoyo  
y estímulo incondicional en todo mo-  
mento, y por los que siento un gran  
cariño y respeto.*

A mi novio:

*Valentín Robledo Torres,*

*por el gran amor y respeto que nos une,  
asi como también por su decidido apoyo  
y estímulo constante.*

## COMPENDIO

Cruzas Interespecíficas en el Género *Parthenium*

POR:

**FRANCISCA RAMIREZ GODINA**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**EN FITOMEJORAMIENTO**

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DICIEMBRE 1990

Dr. Alfonso López Benítez -Asesor-

Palabras clave: *Parthenium*, *argentatum*, *confertum*, *lozanianum*, hule, resinas, cruzas interespecíficas, análisis cromosómico, apareamiento cromosómico, irregularidades meióticas, biomasa.

En este estudio se realizaron dos cruzas interespecíficas *Parthenium argentatum* x *P. confertum* var. *typicum* y *P. argentatum* x *P. lozanianum*, llevadas a cabo bajo condiciones de invernadero. Los objetivos de esta investigación fueron obtener híbridos interespecíficos y hacer un estudio comparativo entre éstos y sus progenitores, en cuanto a

contenido y calidad de hule, porcentaje de resinas y principales características morfológicas y citogenéticas.

El análisis de hule realizado, mostró un 6.75 por ciento para el progenitor *P. argentatum* mientras que *P. confertum* presentó 0.76 por ciento, y su progenie exhibió valores de 2.12 a 5.95 por ciento con un promedio de 4.48 por ciento. Sin embargo, *P. lozanianum* manifestó 0.56 por ciento de hule y los híbridos interespecíficos entre esta especie y *P. argentatum* expresaron valores de 3.43 por ciento a 5.95 por ciento, con un promedio de 4.55 por ciento de hule.

Los híbridos obtenidos de las dos cruzas antes mencionadas presentaron valores superiores a *P. argentatum* en relación a las características altura de planta, cobertura, tamaño de hoja e inflorescencia.

En relación al estudio citogenético, el 50 por ciento de los híbridos provenientes de *P. argentatum* x *P. confertum*, manifestaron números cromosómicos de  $2n=54$  y el resto presentó número de  $2n=60$ ,  $2n=64$ ,  $2n=70$ ,  $2n=74$  y  $2n=90$ , mientras que el 90 por ciento de los híbridos provenientes de la craza *P. argentatum* x *P. lozanianum* presentaron números cromosómicos de  $2n=72$  y el resto  $2n=90$ . En relación al apareamiento cromosómico en los híbridos de *P. argentatum* x *P. confertum* se obtuvo un promedio de 3.84 por ciento de univalentes, mientras que los híbridos *P. argentatum* x *P. lozanianum*

presentaron un promedio de 2.63 por ciento de univalentes.

**ABSTRACT**

Interspecific Crosses in the Genus  
*Parthenium*

BY:

**FRANCISCA RAMIREZ GODINA**

**MASTER OF SCIENCE  
OF PLANT BREDDING**

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DECEMBER 1990

Dr. Alfonso López Benítez -Major advisor-

Key words: *Parthenium*, *argentatum*, *confertum*, *lozanianum*, rubber, resin, interspecific crosses, chromosome analysis, chromosome pairing, meiotic irregularitis, biomass.

In this study two interspecific crosses were carried out in the green house *Parthenium argentatum* x *P. confertum* var. *typicum* and *P. argentatum* x *P. lozanianum*. The objective of this study were to obtain interspecific hybrids and to compare them to their parents for the rubber content and quality, percent of resins, main morfologic and citogenetic

traits.

The rubber analysis showed 6.75 percent for the parent *P. argentatum*, meanwhile for *P. confertum* recorded 0.76 percent. The progenies of this cross exhibited values from 2.12 to 5.95 percent, with a mean of 4.48 percent. However *P. lozanium* manifested 0.56 percent of rubber and the interspecific hybrids between this species and *P. argentatum* expressed values from 3.43 to 5.95 percent with an average of 4.55 percent. The hybrids obtained between these two crosses already mentioned, presented superior values over *P. argentatum* for the characters plant height, top diameter, leaf size and inflorescence.

The cytogenetic studies showed that 50 percent of the hybrids derived from the cross *P. argentatum* *P. confertum*, manifested a chromosome number of  $2n=54$  and the rest of them presented a number of  $2n=60$ ,  $2n=64$ ,  $2n=70$ ,  $2n=74$  and  $2n=90$  meanwhile, 90 percent of the hybrids derived from a cross between *P. argentatum* x *P. lozanium* recorded a chromosome number of  $2n=72$  and the rest  $2n=90$ .

The chromosome pairing in the hybrids of *P. argentatum* x *P. confertum* showed a mean of 3.89 percent of univalents; meanwhile, the hybrids of *P. argentatum* x *P. lozanium* presented an average 2.63 univalents.

## INDICE DE CONTENIDO

	Página
<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	<i>xii</i>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<i>xiv</i>
<b>INTRODUCCION</b> .....	1
<b>REVISION DE LITERATURA</b> .....	4
- Generalidades sobre Guayule .....	4
- Hibridación Interespecífica .....	8
<b>MATERIALES Y METODOS</b> .....	21
- Descripción de los Materiales .....	21
- Metodología del Cruzamiento .....	25
- Puerta de Viabilidad de Polen .....	28
- Estudio de Diferentes Características Agronómicas en las Cruzas Interespecí ficas .....	29
- Análisis Citogenético .....	30
- Análisis de Contenido de Hule .....	32
<b>RESULTADOS Y DISCUSION</b> .....	36
<b>CONCLUSIONES</b> .....	74
<b>RESUMEN</b> .....	75
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	79

## INDICE DE CUADROS

Cuadro No.	Página
1. Promedios para diferentes características agronómicas de los progenitores <i>P. argentatum</i> y <i>P. confertum</i> y sus híbridos $F_1$ .....	43
2. Promedios para diferentes características agronómicas de los progenitores <i>P. argentatum</i> y <i>P. lozanium</i> y sus híbridos $F_1$ .....	52
3. Heterosis (%) para diferentes características agronómicas en los híbridos <u>in</u> terespecíficos de <i>P. argentatum</i> x <i>P. confertum</i> .....	60
4. Heterosis (%) para diferentes características agronómicas en los híbridos <u>in</u> terespecíficos <i>P. argentatum</i> x <i>P. lozanium</i> .....	61
5. Número de cromosomas de los progenitores y sus híbridos en dos cruzas <u>inter</u> específicas.....	65

6. Análisis del apareamiento cromosómico  
en los híbridos de *P. argentatum* x  
*P. confertum*..... 67
7. Análisis del apareamiento cromosómico  
en los híbridos de *P. argentatum* x  
*P. lozanianum*..... 67
8. Observaciones de cromosomas retardados  
en anafase I en los híbridos  $F_1$ ..... 69

## INDICE DE FIGURAS

Figura No.	Página
1.	A). Progenitor <i>P. argentatum</i> izquierda; a la derecha <i>P. confertum</i> var. <i>typicum</i> , y en el centro sus tres híbridos; B). Un acercamiento de los mismos tres híbridos..... 45
2.	Hojas, inflorescencias y flores de progenitores e híbridos; A) <i>P. argentatum</i> ; B) Tres híbridos diferentes, izquierda; C) <i>P. confertum</i> var. <i>typicum</i> , derecha..... 46
3.	A) Progenitor <i>P. argentatum</i> , izquierda; a la derecha <i>P. lozanianum</i> , y al centro sus tres híbridos $F_1$ . B) Un acercamiento de los mismos tres híbridos..... 56
4.	Características morfológicas de hojas, inflorescencias y flores de progenitores e híbridos. A) <i>P. argentatum</i> izquierda; B) Tres híbridos diferentes centro; C) <i>P. lozanianum</i> derecha..... 57

5. Meiosis de híbridos  $F_1$  de *P. argentatum* x *P. confertum*; A. Diacinesis con  $2n=72$ ; B. Metafase I con 6 univalentes; C. Anafase I con cromosomas retardados; D. Metafase II con un cromosoma rezagado; E. Telofase II con cromosomas retardados; F. Tetrada con formación de micronucleos.....71
6. Meiosis de híbridos  $F_1$  de *P. argentatum* x *P. lozanium*, A. Diacinesis con  $2n=90$ ; B. Metafase I con cromosomas rezagados; C. Metafase II con cromosomas rezagados; D. Telofase I con micronucleos; E. Anafase II con cromosomas retardados; F. Tetrada con micronucleos .....72

## INTRODUCCION

El género *Parthenium* L. comprende 17 especies, de las cuales *P. argentatum* (guayule) es la única especie que produce hule en cantidades de importancia económica y de calidad similar al hule de *Hevea brasiliensis*.

La explotación comercial de hule de guayule se inició por primera y única vez en México en 1904 con la instalación en Torreón, Coah., por la Continental Mexican Rubber Company, de una planta extractora con capacidad para obtener 8000 toneladas de hule al año, y se prolongó hasta el término de la Segunda Guerra Mundial con el Proyecto de Emergencia de Hule en Estados Unidos (Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), 1987). Por consiguiente durante este período se generó un vasto volumen de bibliografía producto de la investigación agronómica sobre esta especie.

Recientemente en varios países con zonas áridas y semiáridas, ha renacido el interés en esta especie como una importante fuente potencial de hule natural, por lo que se conducen investigaciones agronómicas tendientes a crear la tecnología necesaria para volver a explotar comercialmente al guayule bajo cultivo.

Uno de los aspectos importantes en el mejoramiento genético del guayule es la hibridación interespecífica, pues aunque las otras 16 especies del género *Parthenium* no producen hule en cantidades significativas, si poseen algunas características agronómicas deseables para introducir al guayule como: rápida tasa de crecimiento, ciclo de vida corto, mayor biomasa, resistencia a enfermedades. La mayor parte de los cruzamientos de este tipo han sido realizados con especies arbóreas; como *P. schottii*, *P. frutisocum* y *P. tomentosum* var. *stramonium* y aunque el porcentaje de hule en los híbridos no se ha incrementado, el contenido total de hule por planta en éstos, si se ha incrementado debido a su mayor biomasa. Sin embargo, un programa de retrocruzamiento en estos híbridos hacia guayule con la finalidad de conservar mayor biomasa, reteniendo la capacidad de producir hule, conduciría probablemente a la obtención de variedades cuya densidad de población por hectárea se reduciría, por otro lado la molienda del arbusto para la extracción del hule ofrecería mayor dificultad para tener tallos y ramas de mayor grosor, por lo que requeriría un mayor consumo de energía. Con estas ideas en mente, se consideró importante explorar también la hibridación interespecífica con una especie herbácea del género *Parthenium* y especies que aunque leñosas son de menor porte que las anteriormente mencionadas. El presente estudio tuvo los siguientes objetivos:

1. Explorar la posibilidad de obtener híbridos  $F_1$  entre *P. argentatum* x *P. confertum* var. *typicum* y entre *P. argentatum* x *P. lozanium*.
2. Determinar que porporción de hule y resinas del progenitor guayule fue transmitido a la descendencia  $F_1$ , y su calidad del hule.
3. Análisis comparativo de la morfología de los híbridos  $F_1$  y los progenitores.
4. Estudio citogenético de los híbridos  $F_1$  en cuanto a dotación cromosómica, apareamiento cromosómico e irregularidades meióticas mas evidentes.

## REVISION DE LITERATURA

### Generalidades sobre Guayule

En una exposición realizada en Filadelfia, Estados Unidos de Norteamérica, se presentó por parte del gobierno de México una muestra de hule de guayule; esto condujo a la primera exportación de 50 toneladas de arbusto en 1888, por parte de la Compañía New York and Packing Company, la cual extraían el hule de la corteza de la planta (Lloyd, 1911)

El guayule *Parthenium argentatum* fue descubierto por J.M. Bigelow en septiembre de 1852 y clasificado botánicamente por el profesor Aza Gray. Es muy probable que el hule obtenido de arbustos silvestres de guayule era conocido por nuestros antepasados indígenas, desde antes de la conquista, ya que entre las razas nativas era muy común el juego de pelota, en el cual para su construcción utilizaban hule (Patoni, 1917).

Con el estallido de la Segunda Guerra Mundial, el abastecimiento de hule hacia Estados Unidos por los países de Oriente es puesto en peligro; de tal manera que el gobierno de los Estados Unidos compra acciones de la Intercontinental Rubber Company y designa al Department of Agriculture

(USDA) para llevar a cabo la explotación agronómica del guayule. A partir de ésto se inició un programa de emergencia en marzo de 1942 con la plantación de 75,000 hectáreas, y además se organizó un programa de investigación sobre domesticación y mejoramiento genético de esta especie (Martínez, 1959). Por lo tanto a partir de aquí se empezaron a realizar gran cantidad de trabajos de investigación en guayule.

El porcentaje de hule en las plantas de guayule es la característica que le da importancia, y por lo cual éstas se han introducido a programas de mejoramiento y a muchos estudios diferentes.

Jhonson (1950) en trabajos realizados con un grupo de materiales genéticos de guayule, de 1943-1946 en cuatro localidades no encontró evidencias que indiquen que el contenido relativo de hule haya sido alterado por factores ambientales o tratamientos culturales, aplicados a los materiales bajo estudio. Todas las variedades se comportaron similarmente en las diferentes localidades y en diferentes años, con respecto a la calidad de hule.

Naqvi (1985) estudió 19 líneas de guayule que fueron cultivadas por cuatro años bajo las mismas condiciones agronómicas, determinándoles el por ciento de hule para ver la amplitud de variabilidad en contenido de hule en peso seco entre y dentro de estas líneas.

Los resultados indicaron un rango en el contenido de hule de 3 a 7 por ciento en estas líneas que fueron significativamente diferentes al 5 por ciento de probabilidad. Además las plantas de la mayoría de las líneas difieren entre si con un nivel de significancia del 1 por ciento sugiriendo que el mejoramiento de líneas no fue uniforme y requieren mejor selección y evaluación. Sin embargo, mencionan ellos que si estas diferencias son heredables puede avanzarse hacia el desarrollo de variedades mas productoras de hule mediante un selectivo y juicioso programa de mejoramiento.

Tipton y Gregg (1982) señalan que los depósitos de hule en guayule se encuentran en las células del parénquima en primer lugar en los rayos vasculares del tallo y raíces. Indicando además que el estrés por frío o sequía estimulan la biosíntesis de hule. En una evaluación realizada en 10 poblaciones de guayule, encontraron una variación de 7.5 a 15.9 por ciento (en base a peso seco). Se piensa que algunos factores que afectan en la concentración de hule son la edad o efectos ambientales, sin embargo, en este trabajo se reportan plantas con un 20 por ciento de hule que anexas a plantas vecinas con sólo 15.5 por ciento, lo cual podría indicar que las diferencias son genéticas mas que ambientales.

López y Kuruvadi (1985) trabajando con 15 genotipos de guayule encontraron una variación de 6.3 a 11.4 por ciento y una media de 9.2 por ciento. El rendimiento de hule por planta individual varió ampliamente (25.4 a 82.8 g y una media de 54.4 g). Mostrando que con las mejores variedades es posible producir 2010 kg de hule por ha en tres años. En general las variedades altas registraron mayor biomasa y mas rendimiento total de hule en comparación con genotipos enanos. Aunque las plantas altas produjeron menor por ciento relativo de hule por planta, éstas superaron esta disminución con una mayor producción por unidad de área debido a su mayor producción de biomasa.

Miller y Backhaus (1985) realizaron un trabajo en el que obtuvieron datos que muestran que la ploidía no está relacionada con el contenido de hule *per se*, por lo tanto sugieren que la variación observada y que ocurre naturalmente en las plantas, puede ser una consecuencia de factores ecológicos, posiblemente nutrición mineral, relaciones de agua, sustrato geológico y longevidad del clon. El porcentaje de hule en las plantas estudiadas varió de 3.60 a 22.8 por ciento, la resina varió de 2.52 a 9.8 por ciento, ambos en peso seco de los tejidos de la planta. El contenido medio de hule fue de 13.1 por ciento, encontrando que los arbustos diploides de guayule acumulan porcentajes de hule que superan el 15 por ciento del peso seco. El porcentaje de hule aparentemente no está relacionado a la ploidia.

## Hibridación Interespecífica

Probablemente la mayor importancia que tiene la hibridación interespecífica en general, está relacionada con las posibilidades de transferir caracteres de las plantas silvestres a las cultivadas, ya que las primeras están en un medio en el que sólo pueden sobrevivir cuando tienen caracteres fisiológicos y morfológicos que les permiten competir con otras plantas, resistir períodos de sequía, frío, calor, exceso de humedad y llegar a reproducirse, aun cuando estén afectadas por tales factores ecológicos, o bien por daños causados por insectos y organismos patógenos (Brauer, 1983).

Desde el punto de vista genético, lo anterior significa, señala Brauer (1983) que cuando las especies silvestres sobreviven a medios adversos, están sometidos a una selección natural y van acumulando en su germoplasma genes que les dan ventajas de sobrevivencia bajo tales condiciones adversas; la utilización de los caracteres de resistencia en los materiales silvestres ha servido al hombre para "acelerar" la obtención de nuevas variedades, mas útiles.

Reyes (1985) menciona que existen barreras que impiden la hibridación interespecífica natural, las cuales pueden ser

simples como la falta de coincidencia de las épocas de floración entre las especies o la morfología de la corola entre otras cosas, pero éstas se pueden superar sin ninguna dificultad, realizando cruzamientos artificiales. Sin embargo, lo mas frecuente es que estas barreras morfológicas no se presentan solas como se indica, sino con otras, tales como; inhibición del crecimiento del tubo polínico o bien desequilibrio genético, que puede observarse desde la formación hasta la falla posterior de la semilla. Puede suceder que algunas semillas provenientes del cruzamiento germinen, o bien haya un desarrollo normal de las plantas, pero éstas posteriormente producirán gametos estériles.

La hibridación interespecífica en el género *Parthenium*, resulta de particular interés puesto que se pueden incorporar características importantes de otras especies a *P. argentatum*.

A este respecto Rollins (1950) menciona que hay 17 especies conocidas del género *Parthenium* y que éstas se dividen en cuatro secciones de la forma siguiente:

Sección I *Parthenichaeta* (especies leñosas); *P. argentatum* Gray, *P. incanum* H.B.K., *P. schottii* Greenman, *P. fruticosum* Less, *P. lozanianum* Barlet, *P. tomentosum* D. C., *P. cineraceum* Rollins.

Sección II *Argyrochaeta* (especies herbáceas); *P. densipilum* Blake, *P. confertum* Gray, *P. bippinnatifidum* (Ortega) Rollins, *P. hysterochorus* L., *P. glomeratum* Rollins.

Sección III *Partheniastrum* (especies herbáceas perennes); *P. hispidum* Raf., *P. integrifolium*.

Sección IV *Bolophytum* (especies leñosas caespitose); *P. alpinum* Nutt T y G, *P. ligulatum* (Jones) Barney.

De éstas el guayule es la única especie de importancia económica, por lo que se ha cruzado con otras especies de este género como: *P. icanum*, *P. confertum*, *P. fruticosum*, *P. bippinnatifidum*, *P. tomentosum*, *P. rollinsianum*, *P. schottii*, *P. hysterochorus*, *P. hispidum*, *P. integrifolium*, *P. alpinum* y *P. ligulatum*, con el objetivo de incorporar al guayule algunas características útiles encontradas en estas especies como son: vigorosidad, rápido crecimiento, alta producción de biomasa, resistencia a sequía a temperaturas bajas y altas, resistencia a enfermedades (Rollins, 1946; Naqvi, 1982 y Gómez, 1982).

Youngner *et al.* (1986) mencionan que el guayule es una fuente potencial muy importante de hule natural, por lo que ha provocado que haya intentos para domesticarlo y desarrollar variedades mejoradas y por medio de cruzamientos interespecíficos en el género *Parthenium* introducir al guayule nuevos rasgos deseables, tales como mayor altura de planta, resistencia a enfermedades, tolerancia al frío y mayor eficiencia en el uso del agua, encontrados en otras especies de *Parthenium*.

Mencionan Naqvi (1982) que a pesar de la gran diversidad morfológica general de la planta y preferencia en el habitat entre varias especies de *Parthenium*, hay una marcada uniformidad en la mayoría de las partes florales a través de los géneros, lo cual hace posible la polinización cruzada y obtención de híbridos interespecíficos.

Por lo tanto existe una gran variedad de trabajos en los que han tenido un gran éxito las hibridaciones interespecíficas en *Parthenium* y entre ellos existe el trabajo de Estilai *et al.* (1985) que obtuvo híbridos  $F_1$  de la cruzada de *P. argentatum* que produce hule con *P. schottii* especie que no produce hule, pero que sin embargo tiene otras características deseables como rápido crecimiento, mayor altura y cobertura, encontrando que estos híbridos fueron morfológicamente variables y generalmente intermedios entre los dos progenitores

con respecto a tamaño de la hoja, de capítulo y longitud de pedúnculo. En cuanto al estudio citogenético, híbridos y progenitores tuvieron números cromosómicos de  $2n=36$  y presentaron 14.56 bivalentes, 3.92 univalentes, 0.56 trivalentes y 0.32 cuadrivalentes, indicando el alto grado de homología entre los genomios de las dos especies. La facilidad de la hibridación, la parcial fertilidad de los híbridos y su alto grado de apareamiento de cromosomas indican que *P. schottii* y *P. argentatum* están estrechamente relacionados a pesar de sus distintas formas morfológicas y distribución geográfica.

Otros investigadores que realizaron hibridaciones entre *P. argentatum* y *P. schottii* fueron Naqvi y Youngner (1984) con el fin de estudiar la herencia del contenido de hule y rasgos morfológicos de la progenie, encontraron que los híbridos  $F_1$  producidos fueron intermedios en tamaño y vigor y rasgos morfológicos, así como en el contenido de hule, pero aunque el porcentaje de hule en los híbridos haya sido menor que en el guayule *P. argentatum*, la cantidad total de hule en éstos es mayor, debido a la compensación en incremento en biomasa. En relación a la calidad de hule, el guayule mostró un peso molecular de aproximadamente 2 millones de g/mol, mientras que *P. schottii* mostró un bajo peso molecular inferior a 2000 g/mol. En los híbridos no se realizó el estudio de la calidad de hule, según las características generales de estos híbridos se puede decir que su

herencia fue simple Mendeliana con codominancia.

Naqvi (1982) realizó cruza interespecíficas de *P. argentatum* con cuatro especies que fueron seleccionadas por presentar algunas características deseables. Estas especies fueron Mariola (*P. incanum*); la cual es mas vigorosa que el guayule y mas adaptable a varias condiciones de suelo; *P. fruticosum*, arbusto alto que se desarrolla rápidamente y puede dar un aumento en volumen; *P. tomentosum* que es una especie arbórea que provee mayor vigor y *P. confertum*, especie con un amplio habitat y facilidad de adaptación a la cosecha mecánica. La mayoría de los híbridos obtenidos mostraron características intermedias entre los dos progenitores en la morfología general, biomasa y química total.

En un trabajo en el que se estudiaron caracteres morfológicos, químicos y citogenéticos de híbridos  $F_1$  entre *P. argentatum* x *P. fruticosum* Var. *fruticosum*, y su potencial en el mejoramiento de hule, los híbridos interespecíficos fueron evaluados por su potencial, calidad y contenido de hule. Plantas de 15 meses de edad de *P. fruticosum* fueron cuatro veces mas altos y anchas que las de *P. argentatum*, pero tuvieron un contenido de hule de 0.05 por ciento y de bajo peso molecular. Sin embargo, *P. argentatum* mostró un contenido de hule de 2 por ciento con un peso molecular de alrededor de 1 millón. Los contenidos de resinas variaron poco entre progenitores e híbridos. Los híbridos  $F_1$  de la

misma edad fueron intermedios en altura y cobertura, y tuvieron bajo contenido de hule, pero manifestaron un alto peso molecular, semejante al progenitor guayule. Esto indica que el alto peso molecular del hule se expresa sobre el bajo en los híbridos  $F_1$ , a pesar del bajo contenido de hule, pero favorable producción de biomasa.

Naqvi *et al.* (1987) revelan que el comportamiento meiótico en los híbridos es irregular y además presentan baja germinación de semilla y fertilidad de polen; y concluyen que los híbridos pueden ser usados en programas de retrocruza para incrementar la biomasa y contenido de hule en guayule.

Hashemi *et al.* (1986) efectuaron un análisis meiótico y de fertilidad de híbridos  $F_1$  entre guayule *P. argentatum* y *P. tomentosum* Var. *stramonium* y sus resultados indican que éstos se cruzan fácilmente, y que sus híbridos fueron más vigorosos que el guayule en condiciones de campo y que además producían un promedio de 20.98 por ciento de semilla viable. Observaciones citogenéticas sobre el comportamiento de los cromosomas en esos híbridos revelaron estructuras diferentes entre cromosomas de *P. argentatum* y *P. tomentosum*. El análisis del apareamiento cromosómico de esos híbridos junto con previos reportes sobre híbridos de guayule diploide con *P. fruticosum* apoyan el esquema taxonómico donde *P. fruticosum* está más estrechamente relacionado con el

guayule que *P. tomentosum*.

Una de las especies con las que se trabajó en cru-  
zas interespecíficas es *P. alpinum*. Hashemi, *et al.* (1986)  
estudiaron híbridos  $F_1$  de *P. argentatum* con *P. alpinum* var.  
*tetraneceris* y *P. alpinum* var. *alpinum*, efectuando pruebas  
de viabilidad de polen para los progenitores e híbridos me-  
diante germinación de granos de polen en estigmas, encontrando  
do los siguientes porcentajes de viabilidad: 21.94 por ciento  
to para *P. argentatum*; 13.47 por ciento para *P. alpinum* var.  
*tetraneuris*; y 11.17 por ciento para *P. alpinum* var. *alpi*num  
num.

El estudio citogenético de estos híbridos  $F_1$  reve-  
la que en la metafase I se presentaron univalentes, señalando  
do que el apareamiento cromosómico y el número de univalen-  
tes fue variable entre y dentro de los híbridos interespecífi  
ficos con un promedio de 2.36 por ciento para los híbridos  
de *P. alpinum* var. *tetraneuris* y 2.46 por ciento para los  
de *P. alpinum* var. (*alpinum*).

Con el objeto de introducir resistencia al frío,  
West (1986) fue uno de los investigadores que también tra-  
bajó con hibridación interespecífica en el género *Parthenium*,  
con el fin de mejorar el guayule para resistencia al frío y  
calidad de hule; para ésto utilizaron la especie *P. alpinum*  
para cruzarla con *P. argentatum* haciendo la cruce directa

y recíproca y obtuvieron 175 híbridos  $F_1$  que fueron intermedios en morfología en comparación con los progenitores, pero estos híbridos fueron estériles. Sin embargo, este tipo de trabajos nos indican que es posible transferir rasgos a *P. argentatum*.

Hashemi *et al.* (1987) obtuvieron híbridos interespecíficos satisfactoriamente utilizando *P. argentatum* leñoso y el herbáceo perenne *P. hispidum* var. *auriculatum*; estos híbridos fueron intermedios para la mayoría de los caracteres morfológicos. El conteo de cromosomas en los progenitores reveló la presencia de  $2n=36$  cromosomas A en *P. argentatum* y en *P. hispidum* se encontró el mismo número de cromosomas A y además cuatro cromosomas B, la meiosis fue regular, en diacinesis el promedio de quiasmas fue de 1.12 por ciento por bivalentes para *P. argentatum* y 1.24 por ciento para *P. hispidum* var. *auriculatum*.

El comportamiento meiótico en los híbridos  $F_1$  fue irregular, mostrando un promedio de 4.43 univalentes en metafase I, 1.95 retardados en anafase I y 1.62 micronucleos en la etapa de tétradas.

La baja tinción del polen 5.1 por ciento en los híbridos  $F_1$  y el número limitado de semillas de retrocruza uno ( $BC_1$ ) viables (fue de 4.07 por ciento), reflejan la irregularidad de la meiosis.

Estos investigadores reportan que aunque estos híbridos son parcialmente fértiles, pueden ser usados para introducir características deseables de *P. hispidum*; tales como hábito herbáceo perenne, habilidad de rebrote, y tolerancia al frío, al guayule.

En un estudio de hibridización entre *P. argentatum* y *P. ligulatum* tolerante al frío, se encontró que solamente las cruzas en que el *P. argentatum* se utilizaba como hembra y el *P. ligulatum* como macho, se obtuvieron híbridos  $F_1$ , y también sólo las retrocruzas que involucraban al guayule como progenitor femenino y a los híbridos  $F_1$  como machos, producían progenie.

Las plantas híbridas fueron variables con respecto a su hábito de crecimiento, inflorescencia y forma de la hoja.

Ambos progenitores e híbridos  $F_1$  tuvieron  $2n=36$  cromosomas. A diferencia de los progenitores en los híbridos, la meiosis fue irregular, mostrando un rango de 0-5 y un promedio de 2.1 univalentes en metafase I, 0.87 cromosomas retardados en anafase I y 0.83 micronúcleos en la fase de tétradas.

La capacidad de cruzamiento, el alto grado de apareamiento cromosómico de los híbridos  $F_1$  y la producción de -

plantas resultantes de retrocruza 1, indican que las dos especies están relacionadas a pesar de sus diferencias morfológicas y ecológicas. Sugiriendo además que si es posible transferir la característica de tolerancia al frío al guayule por hibridación interespecífica seguida de retrocruzamiento (Hashemi *et al.*, 1988).

En otros estudios Youngner *et al.* (1986) obtuvieron diferentes híbridos  $F_1$  fértiles entre guayule y las siguientes especies: *P. tomentosum*, *P. fruticosum*, *P. schottii*, *P. incanum*, *P. rollinsianum* y *P. alpinum*. La mayoría de éstas han sido llevados hasta retrocruza y generaciones  $F_2$ . Otra cruza que incluyeron fue la de *P. argentatum* y *P. integrifolium* y también obtuvieron híbridos, pero éstos fueron estériles debido a las diferencias cromosómicas entre padres.

En una investigación cuyo objetivo no fue sólo el incorporar al guayule características de otras especies, sino también estudiar sus consecuencias en cuanto al contenido de hule y calidad del mismo, fueron las realizadas por Gómez (1982) que cruzó a *P. argentatum* ( $2n=36$ ) con *P. fruticosum* y continuó con retrocruzas, de las cuales no obtuvo plantas viables; en las cruzas de *P. argentatum* x *P. bipinnatifidum* y la de *P. argentatum* x *P. incanum* obtuvo híbridos  $F_1$  y concluye que las cruza intra e interespecíficas en el género *Parthenium* son una real manera de mejorar la planta de guayule, aun cuando hay necesidad de seguir

investigando en la posibilidad de producir semilla fértil de estos cruzamientos.

Kuruvadi y Guzmán (1986) trabajando con dos variedades diploides y dos híbridos procedentes de la cruce de *P. argentatum* x *P. tomentosum* y *P. argentatum* x *P. fruticosum*, además de tres tetraploides y dos líneas del banco de germo plasma de la UAAAN y un híbrido natural de cruza interespecíficas encontraron que el porcentaje de hule varió desde 3.5 hasta 12.1, con un promedio de 9.3 por ciento; además se encontró que los tetraploides produjeron 15.7 y 10.7 mas hule en comparación a diploides e híbridos respectivamente.

Los híbridos produjeron 35.5 por ciento y 23.2 por ciento de mayor altura y 41.5 y 31 por ciento de mas cobertura, en comparación con diploides, respectivamente. Además de mostrar mayor vigor y rapidez de crecimiento.

Hashemi *et al.* (1989) realizaron un trabajo de hibridación interespecífica entre *Parthenium argentatum* y *Parthenium confertum* var. *lyratum*, los híbridos fueron obtenidos cuando el guayule fue usado como hembra. El progenitor guayule diploide fue inducido a tetraploide y fue de reproducción sexual y autoincompatible, sus promedios en la meiosis fueron 0.30 I univalente, 29.63 II bivalentes; 0.12 III trivalentes y 3.02 IV cuadrivalentes, el progenitor *P. confertum* presentó 69 cromosomas y fue apomíctico, en su meiosis promediaron 1.00 I univalente, 32.92 II bivalente,

y 0.51 IV cuadrivalentes. Los híbridos recibieron 36 cromosomas de guayule y 34 cromosomas de *P. confertum* y en su meiosis promediaron 0.52 I univalentes, 33.44 II bivalentes, 0.20 III trivalentes y 0.50 IV cuadrivalentes. Las plantas  $F_1$  se comportaron como anfidiplóides en los cuales los cromosomas homólogos del genoma de guayule se aparearon con cada uno de los cromosomas del genoma de *P. confertum*.

La asociación cromosómica en los híbridos indica que el progenitor *P. confertum* puede ser un tetraploide con eliminación de multivalentes. La mayoría de los híbridos fueron parcialmente fértiles y produjeron proge<sup>n</sup>ie de retrocru<sup>z</sup>a.

## MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se llevó a cabo en el invernadero y laboratorio del Programa de Guayule de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) localizada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, durante el período comprendido de 1988-1990.

El material genético utilizado en este estudio fueron un grupo de plantas diploides de la especie *Parthenium argentatum* productoras de hule, con reproducción sexual y autoincompatibles, además se utilizaron tres plantas de la especie *Parthenium confertum* var. *typicum* cuya producción de hule es mínima, pero con otras características deseables como rápido crecimiento y corto ciclo de vida. De la especie *Parthenium lozanianum* se utilizaron cuatro plantas, cuyas características son: rápido crecimiento y mayor producción de biomasa. Las tres especies provienen del Programa de Guayule de la UAAAN.

### Descripción de los Materiales

El guayule *Parthenium argentatum* Gray es una de las especies mas características y abundantes del Desierto Chihuahuense, pertenece a la familia compositae y al género

*Parthenium*. Rollins (1950) menciona que el guayule es una planta nativa de las zonas áridas y semiáridas del Desierto Chihuahuense, es decir de la zona norte-centro de México y suroeste de los Estados Unidos. Particularmente de los estados de Coahuila, Chihuahua, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí y Nuevo León en México y en la parte del Big Bend, Texas, E.U.

Gloria y Pérez (1982) describen al *P. argentatum* Gray como un arbusto de 30-100 cm de alto de ramificación intrincada, que se inicia casi desde la base del tallo, los extremos de las ramas presentan una pubescencia plateado canescente; hojas largamente pecioladas plateado canescente, debido a una cobertura densa de tricomas de tipo malpigiaceo, espatuladas a estrechamente oblanceoladas, agudas a acuminadas de 2-6 cm de largo por 0.5-2 cm de ancho enteras o diversamente dentadas, pedúnculos de 10-20 cm de largo, desnudos o con una sola bráctea; de varias a muchas cabezuelas dispuestas en pequeños corimbos o panículas corimbosas cortamente pediceladas.

El guayule es conocido como semidesiduo debido a que tira parte de sus hojas cuando se presentan condiciones adversas. El sistema radical de la planta consiste en una cobertura de raíces; justo abajo de la superficie del suelo, se encuentra un número de raíces laterales, alcanzando una longitud de 150-200 cm o mas, lo que le permite absorber

humedad de una extensa área y por lo tanto tener la capacidad para tolerar largos períodos de sequía.

*Parthenium confertum* Gray es una planta bianual o perenne, herbácea, de uno a pocos tallos, que emergen desde la base pero se ramifican en su parte superior, están estriados longitudinalmente, miden de 10 a 70 cm de alto y son densamente hirsutos con tricomas simples y largos; las hojas inferiores son pinnadas a liradas pecioladas, densamente hirsutas, los tricomas de las venas son similares a las del tallo; las hojas medias y superiores son sésiles, generalmente muchas, de pinnadas a bipinnadas, de contorno oblongo, con los lóbulos obtusos, frecuentemente crinados; cabezuelas con muchas flores, subcorimbosas, de 3 a 6 mm de ancho; filarios externos anchamente oblanceoladas a ovadas y densamente pubescentes; filarios externos anchamente oblanceolados a ovados a orbiculares, cada uno provisto de un margen hialino y ceroso; la corola de las flores radiales es blanca, con el limbo muy abreviado, hasta de 2.5 mm de longitud y superficialmente emarginado; los lóbulos del estigma son iguales; aquenios ampliamente oblanceolados, negros, glabrosos, escasamente papilosos por encima, de 2 a 3 mm de longitud, de 1.5 a 2 mm de ancho, las escamas de pappus son dos, anchamente oblongas, ovadas o triangulares, petaloides, frecuentemente cerosas en el ápice, igualando o excediendo ligeramente al tubo de la corola; estambres erectos durante la antesis, y presentan polen blanco. (Rollins,

1950).

*Parthenium lozanianum* Barlett, es un arbusto de 1 a 2.5 m; sus ramas son de ligeramente pubescentes a glabras, ligeramente estriadas; sus hojas son pecioladas, mas o menos triangulares o deltoide-ovadas, de 4 a 10 cm de longitud, de 2 a 5 cm de ancho, dentadas toscamente con dientes romos, usualmente con un par de pequeños lóbulos bajo la base de lámina; densamente pubescente en el envés con tricomas simples y tortuosos, escasamente pubescentes en el haz, que presenta tricomas simples y cortos; las cabezuelas son numerosas, dispuestas en un corimbo abierto y peniculado; los filatorios externos son ovados agudos, ligeramente pubescentes o glabros, los filarios internos son glabros y aproximadamente orbiculares; los aquenios son negros, oblanceolados, glabros, de 2 a 2.5 mm de longitud y de 1 a 1.5 mm de ancho, las aristas del papus son dos, se originan donde se junta el aquenio y el tubo de la corola, son incurvadas, de 0.1 mm de longitud, la corola es blanca, con un limbo no prominente, el tubo mide 0.1 mm de alto, el limbo mide menos de 0.1 mm de largo (Rollins, 1950).

La semilla de estas tres especies se colocaron en cajas petri para su germinacion. Después de un crecimiento de 20 días se trasplantaron individualmente en macetas de 50 x 30 cm previamente llenadas con tierra cribada y fumigada con bromuro de metilo, se aplicaron riegos constantes

a las macetas y aplicaciones de fertilizante urea para obtener un excelente crecimiento y desarrollo. Estas macetas se mantuvieron todas juntas en el invernadero.

### Metodología del Cruzamiento

Cuando las plantas diploides de *P. argentatum* se encontraron floreando, se procedió a verificar si estas plantas eran autoincompatibles, ya que Gerstel (1950) menciona que en las plantas de guayule diploide opera un sistema de autoincompatibilidad esporofítica, para ello se provocó la autofecundación de las plantas, poniendo bolsas en las inflorescencias jóvenes, de manera que al madurar el polen, cayera en su propio estigma. Cuando la semilla maduró se colectaron suficientes aquenios de cada planta, se escarificó manualmente y se procedió a hacer una prueba de germinación de la cual resultó que todos los aquenios fueron vanos.

En seguida, cuando todas las plantas se encontraban floreando, se procedió a realizar los cruzamientos. La polinización se realizó manualmente solamente en un sentido y tomando las plantas diploides de *P. argentatum* como hembras y a las de *P. confertum* y *P. lozanium* como machos. Como no se hicieron emasculaciones el polen se pasó directamente de *P. confertum* a *P. argentatum* y de *P. lozanium* a *P. argentatum*. Esto se realizó de la siguiente manera: de las plantas que se tomaron como machos, se cortaron inflorescencias

con polen maduro listo para fecundar, se llevaron y sacudieron directamente encima de inflorescencias con flores maduras y listas para ser fecundadas, de las plantas de *P. argentatum* que se tomaron como hembras. Esto se repetía varias veces con la misma florecilla hembra, hasta estar seguros que caía suficiente polen para fecundar, posteriormente se colocaba una bolsa de celofán y se etiquetaba cada florecilla polinizada. Este trabajo de cruzamientos se realizó entre 9:00 y 11:00 A.M. y cuidando que el invernadero tuviera una temperatura moderada y además evitando corrientes de aire.

El período de los cruzamientos duró el tiempo que permanecieron floreando las plantas, posteriormente después de 20 a 30 días se recolectaron las inflorescencias con la semilla ya madura y se colocaron en bolsas de celofán con su respectiva etiqueta. Después esta semilla fue escarificada manualmente y con cuidado para no perder nada.

La semilla proveniente de las cruces ya escarificada, y sin ningún tratamiento de germinación se sembraron en vasos de nieve seca con tierra que se preparó con una parte de arena y otra de hojarasca y tierra de pino, y se obtuvo una germinación de un 90 por ciento, posteriormente a las plántulas se les hicieron aplicaciones periódicas del fungicida benlate al 0.7 en un litro de agua, para evitar el desarrollo de patógenos en la tierra que afectaran el -

desarrollo de las plántulas.

Al mismo tiempo que la semilla híbrida se sembró, se sembró semilla de los tres progenitores en diferentes macetas individualmente, de manera que su desarrollo fue en las mismas condiciones ambientales, con el fin de realizar un estudio comparativo de características morfológicas y contenido de hule entre híbridos y progenitores.

Cuando las plántulas tuvieron una altura de 6 cm aproximadamente, se aclarearon, pasando plantas individuales en bolsas de plástico negro de 10 cm de ancho por 15 cm de largo, con tierra preparada y fumigada y ahí permanecieron hasta que las plantas alcanzaron una altura aproximada de 15 a 20 cm. Posteriormente, se pasaron a bolsas mas grandes de 50 cm de largo por 30 cm de diámetro. Tanto híbridos como progenitores permanecieron en el invernadero y tuvieron al principio dos riegos por semana, después cuando las plantas tuvieron mas de un año se les dio un riego por semana. Además, el único fertilizante que se utilizó fue urea al 5 por ciento y tuvieron de 4-6 aplicaciones durante todo su desarrollo.

Las plantas presentaron problemas de plagas como minador y pulgón, las cuales fueron controladas con insecticidas malathión y furadán 5 al 10 por ciento, siendo este último el que dio mejor resultado, aplicado a la tierra para dejarlo actuar en forma sistemática.

## Prueba de Viabilidad de Polen

Cuando las plantas de híbridos y progenitores empezaron a florear y soltar polen, se procedió a analizar la viabilidad, estimada ésta por una prueba de tinción de polen. Para realizar ésto se utilizó la técnica descrita por Hashemi *et al.* (1987). Se cortaron florecillas con bastante polen y se colocaron en bolsas con su etiqueta, se llevaron inmediatamente al laboratorio y se repartió el polen en tres partes y se hicieron tres preparaciones por planta, sacudiendo la bolsa y la inflorescencia sobre un portaobjetos limpio. Sobre el polen se le puso una gota de colorante carmín propiónico y posteriormente el cubreobjetos, después, cuidando que no se secase el colorante de la preparación, se dejó reposando de 15 a 30 minutos para continuar con su examen microscópico. Para ésto se utilizó una cámara clara de dibujo de 90° adaptada al microscopio con el fin de marcar directamente sobre el dibujo, los granos de polen reflejados, los que tomaron el color y los no coloreados, se contaron tres campos por preparación tomando los coloreados como fértiles y los incoloros como estériles, se tomó un promedio por planta entre preparaciones y campo del microscopio que se contaron, ésto se hizo para los híbridos y los progenitores.

## Estudio de Diferentes Características Agronómicas en las Cruzas Interespecíficas

Cuando las plantas de híbridos y progenitores tuvieron alrededor de 18 meses de edad, se tomaron las siguientes mediciones por planta individual: altura de planta, cobertura, longitud y ancho de nueve hojas por planta, longitud de pedúnculo, de inflorescencia y número de florecillas de la misma inflorescencia, la mas alta.

La altura de planta se tomó desde el suelo hasta lo alto de la última hoja y fue expresada en centímetros.

La cobertura se tomó midiendo el diámetro de la parte mas ancha de la planta y fue reportada en centímetros.

El dato del largo y ancho de las hojas fue obtenido tomando tres hojas de la base, tres hojas del centro y tres hojas de la parte mas alta de la planta; de cada hoja se tomó la altura y ancho, sin tomar en cuenta el pecíolo. Se sacó un promedio por planta y se expresó en centímetros.

La variable longitud del pedúnculo de la inflorescencia se tomó de las tres inflorescencias mas altas y se midió de la base de la hoja mas alta hasta la base de la flor, se sacó un promedio y se reporta en centímetros.

El número de flores por inflorescencias se tomó de las mismas inflorescencias a las que se les midió la longitud de pedúnculo que fueron tres. A cada inflorescencia se le contó el número de florecillas, se sacó un promedio y se expresó en número.

### Análisis Citogenético

El estudio citogenético se llevó a cabo en células, en división meiótica las cuales se obtuvieron cuando las plantas híbridas y los progenitores florecieran, se tomaron inflorescencias jóvenes de preferencia pequeñas y antes de abrir, éstas fueron colectadas entre 10:00 y 12:00 A.M. y colocadas en un fijador farmer (una parte de alcohol etílico 96° y tres partes de ácido propiónico), en éste permanecieron durante 24 horas y después se eliminó el fijador y se les agregó alcohol etílico al 70 por ciento en el cual permanecieron hasta su estudio citogenético.

El análisis se realizó según lo describe García (1977). De las florecillas que estaban en alcohol al 70 por ciento se tomó una y se colocó en una caja petri, y con ayuda de agujas se hizo una disección de la flor, sacando las anteras que se encuentran en la parte del centro y las de la orilla, dejando únicamente las de la parte media, ya que éstas son las que regularmente tienen células en división.

Las anteras así obtenidas se colocaron sobre un portaobjetos, se le puso una gota de colorante carmín y con una aguja curva se rompió la envoltura de la antera para que soltara los microsporocitos y así poder obtenerlos individualmente y colorearlos, luego se rompió la envoltura y sobre los microsporocitos disueltos en la gota de colorante se colocó el cubre-objetos, sin eliminar material por los bordes. En seguida se calentó ligeramente la preparación en la flama de un mechero de alcohol, luego se cubrió con una hoja de papel filtro y se presionó con la yema de los dedos; siempre evitando movimientos laterales del cubreobjetos. Posteriormente se observaron al microscopio las células; si éstas mostraban una intensa coloración, se les agregó una gota de ácido propiónico al 45 por ciento por los bordes del cubreobjetos; se volvió a calentar y cubrir con el papel filtro y presionando de nuevo con la yema de los dedos. Si al observar nuevamente la preparación al microscopio, se obtenía la coloración deseada se procedía a presionar un poco para quitar el exceso de ácido y dispersar un poco más los cromosomas en el citoplasma.

Finalmente, con varilla de vidrio calentada previamente en la flama de una lámpara de alcohol, se sellaron las preparaciones al ponerle una mezcla fundida de parafina y cera de abeja por los bordes del cubreobjetos; y así, obtener una preparación temporal (García, 1977).

Se continuó con el examen microscópico de las preparaciones seleccionadas por planta y se procedió a buscar las células en las cuales se pudiesen observar diferentes características cromosómicas y meióticas, o sea aquellas que presentaron células en diacinesis con cromosomas no sobrepuestos y uniformemente extendidos para poder contar su número, además aquellas preparaciones que contenían células en metafase I, anafase I y telefase I, con la finalidad de estudiar el apareamiento cromosómico de los híbridos. Para ésto se utilizaron sobre todo, células en metafase I contando los univalentes o cromosomas no apareados que se encontraban fuera de la placa ecuatorial metafásica, esto se hizo en un número de 90-150 células por planta.

Además se contó el por ciento de cromosomas retardados en anafase I y II. Después de examinadas dichas células se procedió a realizar la microfotografía de las células mas relevantes o que mostraban algunas características cromosómicas específicas importantes.

#### Análisis del Contenido de Hule

Cuando las plantas tuvieron 28 meses se procedió a analizar su contenido de hule, tanto de híbridos como de progenitores y fue por el método de Soxhlet.

La toma de muestras fue de la siguiente forma: de cada planta se tomaron tres tallos, aproximadamente del mismo grosor y a la misma altura de la planta, estas muestras se pusieron en bolsas de plástico, se enredaron en papel de aluminio y se guardaron en el refrigerador para su inmediato análisis.

Posteriormente se molieron las muestras en un molino con maya de 2 mm, cuando ya se tuvo la muestra bien molida y homogenizada se pesa al mismo tiempo en una balanza analítica la muestra para su extracción de resinas y hule y la muestra para determinar su porcentaje de humedad.

Para la determinación de humedad se hicieron cajas pequeñas de papel de aluminio y se pusieron a peso constante, en seguida se pesaron de 2 a 3 g de muestra, se colocaron en la caja y se metieron en la estufa a una temperatura de 80-90°C por un período de 24 hr; posteriormente se sacó la caja, se colocó en un desecador por espacio de 20 min y en seguida se pesó.

Para el análisis del por ciento de resina y de hule se pesaron 5 g de muestra libre de humedad, se envolvió en un papel filtro y se introdujo en un dedal filtrante.

El matraz perfectamente limpio se metió a secar a la estufa con ocho perlas de vidrio, se sacó y se puso en

un desecador por 20 min; cuando ya estaba frío se pesó y en seguida se le agregaron 200 ml del solvente acetona y se colocó en una manta de calentamiento a una temperatura aproximada de 70-80 °C.

Dentro del sifón se pone el dedal filtrante con la muestra, éste se introduce en el matraz y a la vez en el refrigerante; posteriormente se hizo circular agua fría por los refrigerantes y se tomó el tiempo en que empezó la ebullición, se dejó realizando la extracción durante 6 hr. Al concluir este tiempo, se apagó el regulador de las mantas y se esperó a que se enfriaran, luego se sacó el dedal del sifón y se escurrió completamente; en seguida se pasó el matraz al rotavapor para recuperar el solvente y dejar en el matraz la resina que se obtuvo de la extracción; este matraz se metió a la estufa por 1 hr a 80 °C se sacó a un desecador por 20 min y luego se pesó en una balanza analítica.

Para la extracción de hule se utilizó el mismo procedimiento, únicamente se cambió el solvente y el tiempo de extracción, en este caso el solvente fue el tolueno, ya que tiene propiedades de mejor extracción de hule y el tiempo de extracción fue de 8 hr.

Los cálculos se hicieron por diferencia de peso y se sacaron en base a materia seca.

En este trabajo, además de conocer que porcentaje de hule presentaban tanto híbridos como progenitor, se realizó el análisis de la calidad que presentaba este hule y se hizo por medio del análisis de peso molecular por cromatografía de líquidos, según Angulo *et al.* (1981).

## RESULTADOS Y DISCUSION

El promedio para diferentes características agronómicas de los primeros dos progenitores *P. argentatum* x *P. confertum* var. *typicum* y de sus híbridos F<sub>1</sub> se presentan en el Cuadro 1. Para el primer progenitor que es el guayule, el porcentaje de hule varió entre 5.3 por ciento a 7.54 por ciento con un promedio de 6.75 por ciento entre las plantas individuales evaluadas, indicando que existen diferencias para el contenido de hule entre las plantas utilizadas.

Para el caso del segundo progenitor *P. confertum* utilizado en este estudio el porcentaje de hule que registró fue muy bajo ya que fue de 0.57 por ciento a 1.14 por ciento con un promedio de 0.76 por ciento.

El progenitor *P. argentatum* registró 788.15 por ciento mas porcentaje de hule que el progenitor *P. confertum*.

El análisis de porcentaje de hule en los híbridos interespecíficos entre *P. argentatum* y *P. confertum* mostraron una amplia variación que fue de 2.12 por ciento a 5.95, con un promedio de 4.48 por ciento; esta gran variación en cuanto al contenido de hule puede ser debida a la gran --

heterogeneidad que existe entre estas dos especies y ésta pudo deberse también a que de los híbridos se heredó el 50 por ciento de la constitución genética de *P. argentatum* y el otro 50 por ciento fue de la otra especie *P. confertum*, por lo tanto la acción génica que controla la producción de hule es codominancia probablemente. Sin embargo ésto nos indica que estos materiales pueden ser útiles para desarrollar variedades mejoradas de alto contenido de hule, mediante un programa de retrocruzamiento.

Kuruvadi y Ayala (1986) indicaron que el contenido de hule en las plantas puede variar dependiendo de la constitución genética del genotipo, sitio de colecta, época de cosecha, estado de crecimiento, densidad de población, cultivo bajo sequía y riego, temperaturas altas y bajas, métodos de análisis de hule, características de suelo y una interacción del genotipo con el medio ambiente.

Para aumentar el porcentaje de hule en las plantas híbridas es necesario hacer retrocruzamientos de híbridos hacia guayule e identificar en la progenie de retrocruzamiento plantas superiores con altos rendimientos de hule, ya que la progenie de retrocruzamiento sucesivo hacia guayule tendría en su constitución genética cada vez mayor número de genes de guayule.

En el presente estudio además de conocer el porcentaje de hule, se determinó que calidad tenía el hule que presentaban tanto los híbridos como los progenitores y esto se hizo determinando el peso molecular por medio del método de cromatografía descrito por Angulo *et al.* (1981) y se encontró que el peso molecular para el progenitor *P. argentatum* fue de  $1.95 \times 10^6$  g/mol, mientras que para el progenitor *P. confertum* el peso molecular fue de  $1.47 \times 10^6$  g/mol; y para los híbridos interespecíficos procedentes de la cruce *P. argentatum* x *P. confertum* manifestaron un peso molecular de  $1.99 \times 10^6$  g/mol, lo cual nos indica que los híbridos presentan buena calidad de hule y que además superan a sus dos progenitores.

Varios investigadores, Estilai (1985); Naqvi (1984) y Hashemi (1986) sugieren realizar retrocruzamientos y selección hacia el progenitor guayule para aumentar el porcentaje de hule en la progenie. Ellos encontraron además que sus híbridos  $F_1$  provenientes de las cruces interespecíficas presentaron un porcentaje de hule menor que el guayule pero que realmente es mayor debido al incremento en biomasa de estos híbridos.

Kuruvadi *et al.* (1987) menciona que el segundo producto de importancia económica en el guayule es la producción potencial de resina que consiste principalmente de par<sup>u</sup>tenylcinamate y parthenial, betaína, ácidos grasos y otros

componentes químicos.

En la presente investigación el porcentaje de resina tuvo un rango de 7.22 por ciento a 10.34 por ciento, con un promedio de 8.80 por ciento para el progenitor guayule. Para *P. confertum* fue menor ya que manifestó un rango de 2.20 por ciento a 2.74 por ciento con una media de 2.51 por ciento. Los híbridos provenientes de estos progenitores expresaron promedios de porcentajes de resinas de 4.94 por ciento a 9.86 por ciento, con una media de 7.81 por ciento (Cuadro 1). Por lo tanto el progenitor guayule produjo un 250.59 por ciento mas de resinas en comparación del progenitor *P. confertum*. Aunque existe una gran diferencia en el contenido de resinas entre los dos progenitores, estas diferencias no fueron manifestadas en los híbridos ya que éstos expresaron porcentajes mas o menos uniformes, por otra parte estas cantidades de resinas fueron ligeramente bajas en comparación con el progenitor *P. argentatum*, mientras que fueron altos en comparación a *P. confertum*. Esto nos indica que grandes cantidades de resinas fueron heredadas a los híbridos aunque no hayan superado el nivel del progenitor *P. argentatum*.

En cuanto al estudio morfológico tenemos que la altura de planta es una característica muy importante indirectamente para aumentar el total de biomasa de la planta, los promedios para esta característica fue de 46.88 cm para el

progenitor *P. argentatum*; 138.00 cm para el progenitor *P. confertum* y una media de 59.04 cm para los híbridos interespecíficos obtenidos entre estos dos progenitores (Cuadro 1). Las plantas de *P. confertum* presentaron 194.36 por ciento de mas altura en comparación con el progenitor guayule y 133.73 por ciento de mayor altura en comparación con los híbridos de esta cruce, lo cual quiere decir que *P. confertum* fue mas alto que *P. argentatum* y que sus híbridos, pero lo mas importante de aqui fue que los mismos híbridos presentaron 25.93 por ciento de mas altura en comparación con *P. argentatum*. Esto nos demuestra que los híbridos fueron mas altos y tuvieron mayor velocidad de crecimiento que el guayule, ya que todas las plantas crecieron en las mismas condiciones ambientales.

Otra de las características que se presentan en el Cuadro 1, es la cobertura de la planta; la especie *P. confertum* fue la que registró la mayor cobertura, siendo un promedio de 75.33 cm; *P. argentatum* presentó una media de 42.22 cm y los híbridos interespecíficos provenientes de estos progenitores presentaron una cobertura media de 46.17 cm, como se puede ver hubo un mínimo aumento en los híbridos en comparación con *P. argentatum*. En este tipo de cruces es muy importante el aumento en los híbridos de altura y cobertura, en este caso fue aumentada mas la altura que la cobertura, en general para estas dos características se presentó una gran variación entre los híbridos y ésta nos

puede servir para seguir un buen programa de retrocruza seleccionando los genotipos que presentaron mayor altura y cobertura.

El tamaño de hoja y número de hojas por planta es una característica muy importante en la determinación de la eficiencia de fotosíntesis y la producción de fotosintatos en guayule. En esta investigación los promedios para longitud de la hoja y ancho de la misma fueron de 5.98 cm y 1.67 cm respectivamente para *P. argentatum*, de 7.71 cm y 4.28 cm para *P. confertum*, y para los híbridos los promedios fueron de 5.30 cm y 1.79 cm respectivamente. Estas dimensiones fueron menores en los híbridos que las observadas en ambos progenitores, lo cual significa que las características de tamaño de la hoja fue heredada en mínima cantidad a los híbridos, esto quizá pueda deberse a que esta característica está controlada por muchos genes y por lo tanto en la primera generación es difícil que se manifieste.

Para la característica longitud de pedúnculo de la inflorescencia, el guayule expresó un promedio de 12.82 cm, la especie *P. confertum* presentó una media de 10.36 cm, y los híbridos de *P. argentatum* x *P. confertum* tuvieron un promedio de 9.59 cm; el número de flores producido por pedúnculo fue bajo en ambos progenitores, mientras que el híbrido produjo 54.59 por ciento y 56.75 por ciento de mas número de flores en comparación con *P. argentatum* x *P. confertum* respectivamente. Especialmente para esta característica, el híbrido

expresó algunos efectos positivos en el incremento del número de flores por planta en comparación de los progenitores.

La viabilidad de granos de polen, estimada ésta por su porcentaje de tinción puede ser una característica muy relacionada con la normalidad y anormalidad de la meiosis y consecuentemente con la fertilidad de las plantas y con la proporción de híbridos que pudieran obtenerse de sus cruzamientos. En el presente trabajo se encontró que el progenitor *P. argentatum* mostró un promedio alto de tinción de polen de 92.40 por ciento, mientras que *P. confertum* tuvo un promedio de 66.60 por ciento y los híbridos provenientes de estos dos progenitores, mostraron una media de 88.50 por ciento de polen teñido (Cuadro 1). Esto nos quiere decir que *P. argentatum* presentó una meiosis normal, ya que dio muchos gametos viables, sin embargo, *P. confertum* tal vez su meiosis fue algo anormal, ya que presentó un promedio relativamente bajo de gametos viables, pero sorprendentemente los híbridos expusieron un alto porcentaje de gametos viables, aunque expresaron algunas anormalidades meióticas y éstas fueron mínimas, por lo tanto esto nos demuestra que hay muchas probabilidades de obtener semilla viable de retrocruza y de establecer un buen programa de mejoramiento.

En términos generales algunos híbridos de la cruce *P. argentatum* x *P. confertum* mostraron una apariencia morfológica mas similar al progenitor *P. confertum* (Figura 1),

Cuadro 1. Promedios para diferentes características agronómicas de los progenitores *P. argentatum* y *P. confertum* y sus híbridos F<sub>1</sub>.

	Hule (%)	Resina (%)	Altura de planta (cm)	Cobertura de planta (cm)	Hoja		Flor		Tinción de polen (%)
					Long. (cm)	Ancho	(cm)	No. Long. Flores/ Pedúnculo	
<b>Progenitor <i>P. argentatum</i></b>									
1	7.52	10.34	50.0	46.0	6.32	1.97	14.0	2	90.90
2	6.42	7.56	46.0	38.0	5.03	1.15	11.7	4	92.85
3	5.33	7.22	43.0	40.2	6.48	2.05	12.0	3	91.92
4	7.54	9.34	43.1	38.4	7.53	1.90	14.3	6	89.93
5	5.70	8.30	50.0	46.2	4.88	1.38	14.3	4	98.03
6	7.28	10.1	43.0	40.0	5.86	1.70	15.5	3	89.71
7	7.52	8.78	50.0	45.0	5.68	1.78	10.5	3	96.42
8	--	--	50.0	44.0	6.13	1.46	10.3	2	89.47
X	6.75	8.80	46.88	42.22	5.98	1.67	12.82	3.37	92.40
DS	0.94	1.19	3.46	3.43	0.84	0.31	1.94	1.30	3.21
<b>Progenitor <i>P. confertum</i></b>									
1	1.14	2.20	134.0	72.0	7.33	4.72	12.83	3	84.82
2	0.57	2.74	150.0	78.0	9.90	5.10	9.56	4	69.82
3	0.57	2.59	130.0	76.0	5.60	3.04	8.70	3	45.16
X	0.76	2.51	138.0	75.33	7.61	4.28	10.36	3.33	66.60
DS	0.32	0.27	10.58	3.05	2.16	1.09	2.17	0.57	20.02

. . . #

Cuadro 1.....Continuación

	Hule (%)	Resina (%)	Altura de planta (cm)	Cobertura de planta (cm)	Hoja (cm)		Flor (cm)		Tinción de polen (%)
					Long.	Ancho	Long. Flores/ Pedúnculo	No.	
Híbridos									
P. a. x P. c.									
1	4.44	9.05	53.33	44.00	5.14	1.80	8.79	8	89.88
2	5.95	8.61	52.50	41.00	5.45	1.74	9.83	5	91.61
3	5.95	9.20	59.25	38.75	4.94	1.57	8.12	5	88.21
4	3.07	7.26	60.66	35.66	4.69	1.79	11.42	4	85.56
5	4.23	9.42	64.00	52.50	5.36	1.75	10.27	4	86.32
6	5.02	9.86	67.00	41.66	5.28	1.88	7.66	6	86.67
7	5.42	7.50	64.66	52.50	5.16	1.63	10.34	4	90.34
8	2.12	4.94	58.00	62.50	5.53	1.63	10.5	6	90.47
9	4.18	9.46	52.00	47.00	6.16	2.39	8.59	5	87.45
X	4.48	7.81	59.04	46.17	5.30	1.79	9.50	5.22	88.50
DS	1.28	1.96	5.57	8.40	0.41	0.24	1.26	1.30	2.14



Figura 1. A) Progenitor *P. argentatum* izquierda; a la derecha *P. confertum* var. *typicum*, y en el centro sus tres híbridos F<sub>1</sub>.

B) Un acercamiento de los mismos tres híbridos.

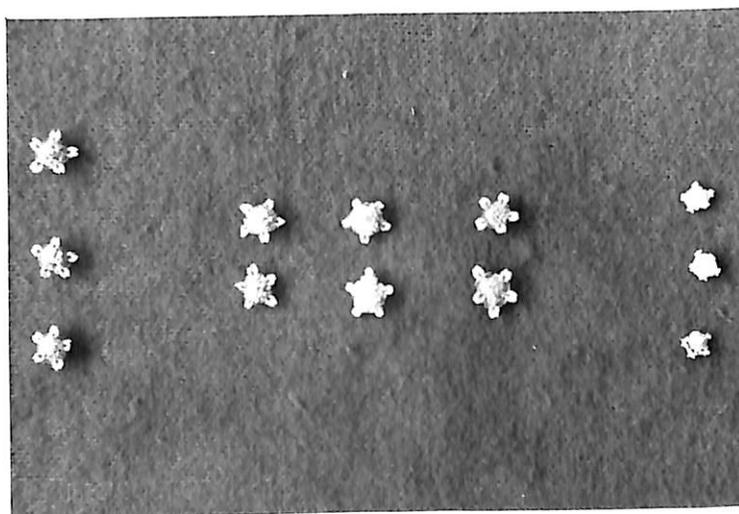
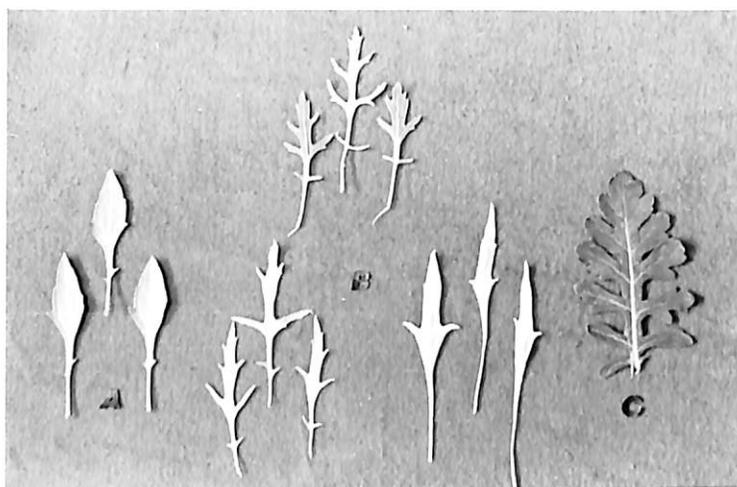


Figura 2. Hojas, inflorescencias y flores de progenitores e híbridos. A| *P. argentatum*; B| Tres híbridos diferentes izquierda; C| *P. confertum* var. *typicum* derecha.

en cuanto a su hábito de crecimiento, color y textura de la hoja (Figura 2), incluyendo la forma de la inflorescencia. Otros híbridos de la misma cruce por el contrario mostraron características similares a su otro progenitor *P. argentatum* también en su hábito de crecimiento, color y textura de la hoja y forma de la inflorescencia. Sin embargo, también se encontraron plantas híbridas que presentaban características morfológicas diferentes, ya que tenían hojas muy grandes y con bordes lisos, además presentaban un tallo de pedúnculo muy largo y las florecillas muy grandes. Las plantas híbridas expresaron considerable variación en sus hábitos de crecimiento y características morfológicas que no se observaron en los progenitores, ya que algunos híbridos provenientes de esta cruce crecieron postrados, mientras que la mayoría presentó un crecimiento vertical.

Tal vez la variación encontrada en los híbridos interespecíficos no se un reflejo de polimorfismo genético en las poblaciones puesto que las especies progenitores como *P. argentatum* y *P. confertum* var. *typicum* presentaban un alto grado de heterocigosidad que puede explicar la variación observada entre las plantas  $F_1$ . (Estilai *et al.*, 1985).

Los promedios de diferentes características agronómicas de la segunda cruce interespecífica de *P. argentatum* x *P. lozanium* se muestran en el Cuadro 2. El porcentaje de hule registrado para el progenitor *P. lozanium* fue mínimo

ya que sus valores oscilaron entre 0.46 por ciento a 0.65 por ciento con una media de 0.56 por ciento, en esta especie no se mostraron diferencias muy amplias en cuanto al contenido de hule entre las plantas individuales estudiadas.

El progenitor *P. argentatum* registró 1105.35 por ciento de mas porcentaje de hule en comparación con el progenitor *P. lozanium*. Los híbridos interespecíficos obtenidos de esta crusa mostraron una variación amplia en cuanto a su porcentaje de hule de 3.43 a 5.95 por ciento con un promedio de 4.55 por ciento,

Aunque el progenitor *P. lozanium* su porcentaje de hule fue mínimo, los híbridos heredaron un contenido relativamente alto de hule.

En general los híbridos de *P. argentatum* x *P. lozanium* produjeron un promedio bajo en el porcentaje de hule en comparación con el progenitor *P. argentatum*, mientras que produjeron mayor cantidad de hule en comparación con su progenitor *P. lozanium*. Esto puede deberse también a que éstos híbridos heredaron el 50 por ciento de constitución genética de *P. argentatum*, por lo tanto la acción génica que controla la producción de hule fue diluída manifestando herencia intermedia, por lo tanto para aumentar el porcentaje de hule en éstos híbridos es necesario establecer un programa de mejoramiento por medio de retrocruzas.

En estos híbridos también se determinó que calidad tenía el hule que presentaban sus progenitores, esto se determinó por medio del peso molecular que se realizó por el método de cromatografía (Angulo *et al.*, 1981) y se encontró que el peso molecular para *P. argentatum* fue de  $1.95 \times 10^6$  g/mol, mientras que para *P. lozanium* fue de  $2.27 \times 10^6$  g/mol; y para los híbridos obtenidos de esta cruce su peso molecular fue de  $2.21 \times 10^6$  g/mol. Esto nos demuestra que los dos progenitores tienen buena calidad de hule y que esta característica fue heredada a los híbridos.

Otra de las características agronómicas evaluadas en este trabajo fue el porcentaje de resinas, el cual fue de 8.80 por ciento para el progenitor *P. argentatum*, mientras que el progenitor *P. lozanium* expresó un valor medio de 5.29 por ciento, los híbridos provenientes de la cruce *P. argentatum* x *P. lozanium* tuvieron un promedio de resinas de 7.80 por ciento.

El progenitor guayule produjo 66.35 por ciento de mas porcentaje de resinas en comparación con el progenitor *P. lozanium*. Aunque existe una gran diferencia en el contenido de resinas entre los dos progenitores, estas diferencias no fueron manifestadas en los híbridos, ya que sus porcentajes no expresaron mucha variación. Por otra parte las cantidades de resinas fueron ligeramente bajas en -

comparación con el progenitor *P. argentatum*, mientras que fueron altas en comparación a *P. lozanium*. Esto quiere decir que grandes cantidades de resinas también fueron heredadas a los híbridos aunque no hayan superado el nivel del progenitor *P. argentatum*.

Por lo que respecta a la característica morfológica altura de planta (Cuadro 2) las plantas del progenitor *P. lozanium* tuvieron una altura promedio de 109.33 cm, mientras que los híbridos presentaron una media de 64.01 cm. Los genotipos de *P. lozanium* presentaron una media de 133.21 por ciento de mas altura en comparación con el progenitor guayule y 70.80 por ciento de mayor altura en comparación con los híbridos de esta cruce, lo cual nos indica que *P. lozanium* fue mas alto que *P. argentatum* y que sus híbridos  $F_1$ , pero lo mas importante de ésto fue que al comparar estos híbridos con su progenitor *P. argentatum*, éstos lo superan en un 36.54 por ciento de mas altura de planta, ésto nos demuestra que los híbridos fueron mas altos y tuvieron mayor velocidad de crecimiento que el guayule, ya que todas las plantas crecieron en las mismas condiciones ambientales, ésto indica herencia simple, con dominancia completa de *P. Lozanium*.

La característica cobertura de planta, se presenta en el (Cuadro 2) y nos muestra que *P. lozanium*

registró una media de cobertura de 83.7 cm, el progenitor guayule como ya se mencionó, presentó una media de 42.22 cm y los híbridos provenientes de *P. argentatum* x *P. lozanium* tuvieron una cobertura media de 46.76 cm, como se puede observar en el Cuadro 2, tuvo un mínimo aumento en los híbridos en comparación con *P. argentatum*. En este tipo de cruza interespecíficas en el género *Parthenium* es muy importante aumentar la altura y cobertura, pero además hubo una gran variación en los híbridos de estas dos características, la cual nos puede servir para una selección y retrocruzamiento de los mejores genotipos.

Otras características también evaluadas en esta cruza de *P. argentatum* x *P. lozanium* fue el tamaño y número de hojas por planta, tanto de híbridos como de progenitores (Cuadro 2), y los promedios para *P. argentatum* fueron de 5.98 cm para longitud de hoja y 1.67 cm para el ancho de la hoja, mientras que *P. lozanium* tuvo un promedio de longitud de hoja y ancho de 8.29 cm y 5.85 cm respectivamente, para los híbridos provenientes de esta cruza las medias fueron de 5.60 cm de longitud y 1.72 cm de ancho de hoja.

Estos datos fueron menores en los híbridos que los observados en los progenitores, lo cual significa que las -

Cuadro 2. Promedio de diferentes características agronómicas de los progenitores *P. argentatum* y *P. lozanianum* y sus híbridos F<sub>1</sub>.

Progenitor	Hule (%)	Resina (%)	Altura de planta (cm)	Cobertura de planta (cm)	Hoja		Flor		Tinción de polen (%)
					Long. (cm)	Ancho (cm)	Long. (cm)	No. Flores/ Pedúnculo	
<i>P. argentatum</i>									
1	7.52	10.34	50.0	46.0	6.32	1.97	14.0	2	90.90
2	6.42	7.56	46.0	38.0	5.03	1.15	11.7	4	92.85
3	5.33	7.22	43.0	40.2	6.48	2.05	12.0	3	91.92
4	7.54	9.34	43.1	38.4	7.53	1.90	14.3	6	89.93
5	5.70	8.30	50.0	46.2	4.88	1.38	14.3	4	98.03
6	7.28	10.10	43.0	40.0	5.86	1.70	15.5	3	89.71
7	7.52	8.78	50.0	45.0	5.68	1.78	10.5	3	96.42
8	--	--	50.0	44.0	6.13	1.46	10.3	2	89.47
X	6.75	8.80	46.88	42.22	5.98	1.67	12.82	3.37	92.40
DS	0.94	1.19	3.46	3.43	0.84	0.31	1.94	1.30	3.21
<i>P. lozanianum</i>									
1	0.65	4.60	118	89.5	11.6	8.93	12.1	3	80.88
2	0.46	4.93	110	82.0	7.60	5.55	11.6	3	84.32
3	0.57	6.36	100	79.6	5.68	3.07	8.0	4	80.76
X	0.56	5.29	109.33	83.7	8.29	5.85	10.56	3	81.76
DS	0.09	0.93	7.36	5.16	3.02	2.94	2.23	0.57	2.0

. . . #

Cuadro 2.....Continuación

	Hule (%)	Resina (%)	Altura de planta (cm)	Cobertura de planta (cm)	Hoja (cm)		Flor (cm)		Tinción de polen (%)
					Long.	Ancho	Long.	No. Flores/ Pedúnculo	
Híbridos									
P. a. x P. l.									
1	4.78	6.25	55.66	40.83	4.92	1.57	14.44	4	87.05
2	3.43	6.71	46.00	30.00	5.90	1.66	9.66	4	89.80
3	4.42	6.71	72.00	46.25	5.59	1.59	15.71	4	87.19
4	4.16	6.94	68.16	56.16	5.67	1.53	13.61	4	90.32
5	4.26	7.71	71.00	67.50	6.48	1.46	23.00	5	84.00
6	4.31	7.43	59.40	49.38	5.58	1.87	17.76	3	91.93
7	5.95	9.04	55.00	54.00	5.83	1.58	20.30	4	88.48
8	4.13	7.97	61.25	37.25	5.45	1.65	17.40	4	90.42
9	5.50	9.64	84.00	39.50	6.05	2.31	27.30	3	86.76
10	4.57	9.66	64.33	49.16	5.07	1.60	16.63	4	90.10
11	--	--	67.35	44.42	5.07	2.16	9.56	4	87.74
X	4.55	7.80	64.01	46.76	5.60	1.72	16.85	4	88.52
DS	0.71	1.25	9.74	9.76	0.44	0.26	5.06	0.51	2.25

características de longitud y ancho de la hoja fue heredada en mínima cantidad a los progenitores.

Para la característica longitud de pedúnculo de la inflorescencia la especie *P. lozanium* presentó una media de 10.56 cm, y los híbridos provenientes de *P. argentatum* x *P. lozanium* tuvieron un promedio de 16.85 cm. El número de flores por pedúnculo fue bajo en ambos progenitores, mientras que los híbridos produjeron 18.69 por ciento y 33.33 por ciento de mas número de flores en comparación con *P. argentatum* y con *P. lozanium* respectivamente. Estas características de longitud de pedúnculo de inflorescencia y número de flores por pedúnculo presentaron un efecto positivo en el incremento en los híbridos en comparación con sus dos progenitores; esto quizá pueda deberse a la gran variabilidad que se presentó en la progenie de esta cruce.

También en esta cruce de *P. argentatum* x *P. lozanium* se estimó la viabilidad de granos de polen por medio de su porcentaje de tinción, esta característica está muy relacionada con la normalidad y anormalidad de la meiosis y consecuentemente con la fertilidad de las plantas y con la proporción de híbridos como ya se mencionó anteriormente. Por lo que respecto a esta cruce las plantas de *P. lozanium* tuvieron un alto porcentaje medio de tinción de polen de 81.76 por ciento, mientras que los híbridos manifestaron un promedio de tinción de polen de 88.52 por ciento. Esto tal

vez vino a repercutir en que los híbridos manifestaron una meiosis casi normal y sus gametos fueron muy estables en cuanto a su número cromosómico, ya que provinieron de unos híbridos que presentaron una meiosis normal de acuerdo al alto porcentaje de tinción de polen que manifestaron los dos. Por lo tanto también estos híbridos pueden ser muy útiles para obtener semilla viable y poder establecer un buen programa de mejoramiento por medio de retrocruzas.

Por lo que respecta a los híbridos de la cruce de *P. argentatum* x *P. lozanium* éstos presentaron una variación en cuanto a su apariencia morfológica, ya que hubo algunos híbridos que presentaron mas similitud con su progenitor *P. lozanium* (Figura 3) en cuanto a su hábito de crecimiento, color, forma y textura de la hoja y forma de inflorescencia (Figura 4). Hubo otros híbridos que fueron mas similares a *P. argentatum* también en hábito de crecimiento, forma de la hoja, color y textura, incluyendo forma de la inflorescencia. Sin embargo, también se presentaron plantas con características muy peculiares aunque estas fueron pocas, sobresalen por que presentan hojas muy largas y con bordes lisos, además presentaron un pedúnculo de inflorescencia muy largo diferente al de sus dos progenitores.

En términos generales los híbridos provenientes de *P. argentatum* x *P. lozanium* tuvieron mas rápido crecimiento y este fue mas uniforme, además la mayoría de las plantas



Figura 3. A) Progenitor *P. argentatum* izquierda, a la derecha *P. lozanianum*, y al centro sus tres híbridos F<sub>1</sub>. B) Un acercamiento de los mismos tres híbridos.

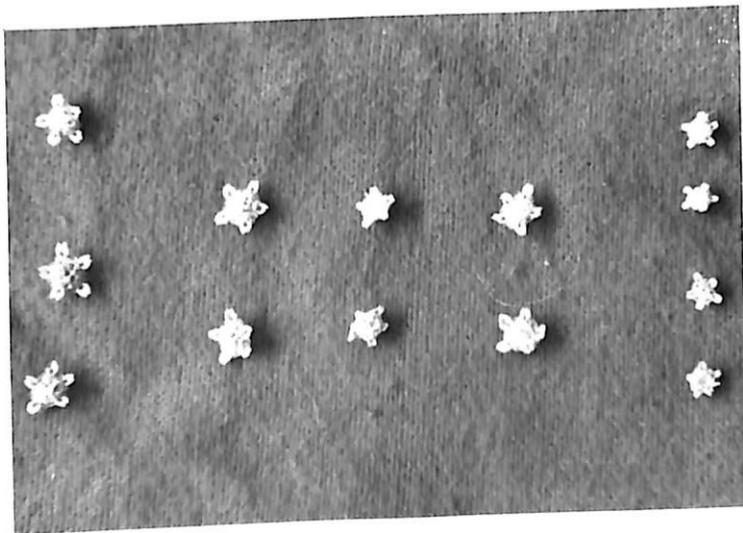
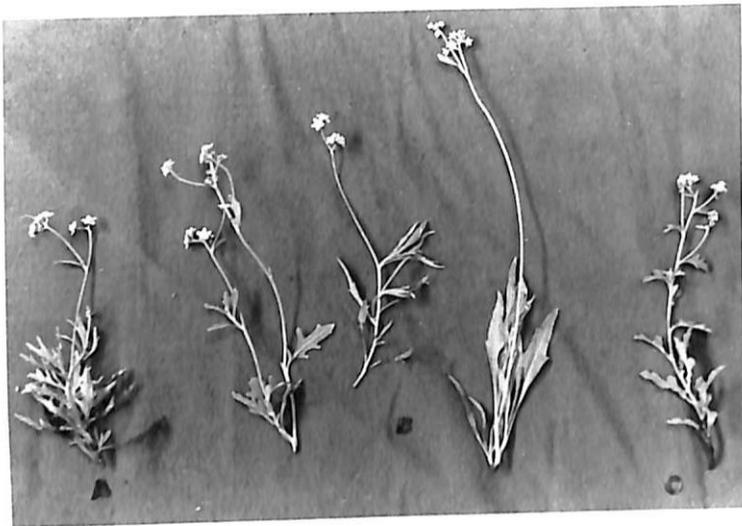
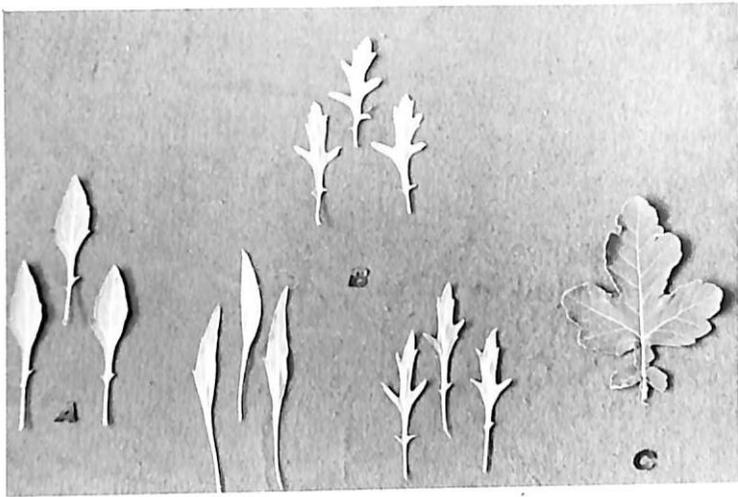


Figura 4. Características morfológicas de hojas, inflorescencias y flores de progenitores e híbridos. A) *P. argentatum*, izquierda; B) Tres híbridos diferentes centro; C) *P. lozanium* derecha.

presentaron tallos verticales en contraste con los híbridos provenientes de *P. argentatum* x *P. confertum*. Esto se debe quizá a que *P. argentatum* y *P. lozanium* son dos especies leñosas por lo tanto tienen algunas características en común, sin embargo la especie de *P. confertum* es una especie herbácea y por lo tanto presenta mas heterogeneidad con *P. argentatum*.

Kuruvadi y Rodríguez (1988) mencionan que la heterosis puede definirse de tres maneras, como un incremento de vigorosidad para rendimiento y otras características a través de la comparación de los  $F_1$  con el promedio de ambos progenitores (heterosis); la comparación de la  $F_1$  con el progenitor superior (heterobeltiosis), y la comparación de la  $F_1$  con el valor de esta característica en el testigo del experimento, dicho testigo puede ser una variedad o un híbrido comercial (heterosis útil).

En este estudio la heterosis se calculó en base a la comparación de la  $F_1$  con el promedio de ambos progenitores. Para el contenido de hule los híbridos provenientes de *P. argentatum* x *P. confertum* manifestaron heterosis positiva en siete de nueve plantas híbridas estudiadas, la heterosis varió entre -18.24 por ciento a 58.45 por ciento, con un promedio de 19.48 por ciento para el contenido de hule; mientras que para el porcentaje de resinas la variación fue de -12.64 a 74.35 con un promedio de heterosis positiva de 47.94

por ciento (Cuadro 3). Con respecto a la altura de planta estos mismos híbridos manifestaron heterosis negativa para todos los genotipos estudiados. Sin embargo, para la característica cobertura de planta, aunque su promedio fue de heterosis negativa, pero encontrándose una sola planta que manifestó heterosis positiva, este tipo de tendencia también fue detectada para la característica longitud y ancho de la hoja y longitud de pedúnculo, ya que todos los híbridos provenientes de la cruce *P. argentatum* x *P. confertum* manifestaron heterosis negativa, sorprendentemente en estos mismos híbridos el número de flores por pedúnculo expresaron valores de heterosis positiva para todos los híbridos teniendo una variación de 19.4 por ciento a 138.8 por ciento y un promedio de 55.88 por ciento. Este mismo tipo de tendencia fue mostrada para la característica de fertilidad de polen, donde todos los híbridos de esta misma cruce expresaron valores de heterosis positiva y esta fue en un rango de 7.62 por ciento a 15.23 por ciento, con un promedio de 11.32 por ciento.

Para el caso de los híbridos de *P. argentatum* x *P. lozanium* (Cuadro 4) por lo que respecta al contenido de hule, nueve de 10 plantas estudiadas presentaron heterosis positiva y los resultados variaron entre -6.15 por ciento a 62.79 por ciento, con un promedio de 28.44 por ciento; para el contenido de resinas la heterosis varió entre -1.49 a 37.11 por ciento, con una media de heterosis positiva de

Cuadro 3. Heterosis (%) para diferentes características agronómicas en los híbridos interespecíficos de *P. argentatum* x *P. confertum*.

P. a. x P. c.	Hule	Resinas	Altura	Cobertura	Hoja		Flor		Tinción de polen
					Long.	Ancho	Long.	No. Flores de Pedúnculo	
1	18.24	60.03	-42.30	-25.13	-24.18	-39.39	-24.15	138.80	13.05
2	58.45	52.25	-43.20	-30.23	-19.61	-41.41	-15.18	49.25	15.23
3	58.45	62.68	-35.90	-34.06	-27.13	-47.13	-29.93	49.25	10.95
4	-18.24	28.38	-34.37	-39.32	-30.82	-39.73	- 1.46	19.40	7.62
5	12.64	66.57	-30.76	-10.66	-20.94	-41.07	- 1.13	19.40	8.57
6	33.68	74.35	-27.52	-29.11	-22.12	-36.70	-33.90	79.10	9.01
7	44.34	32.62	-30.05	-10.66	-26.05	-45.11	-10.78	19.40	13.63
8	-43.54	-12.64	-37.25	6.34	-18.43	-45.11	- 9.40	79.10	13.79
9	11.31	67.28	-43.74	-20.02	- 9.14	-19.52	-25.88	49.25	10.05
$\bar{x}$	19.48	47.94	-36.12	-21.42	-22.05	-39.46	-16.86	55.88	11.32

P. a. = *Parthenium argentatum*  
P. c. = *Parthenium confertum*

Cuadro 4. Heterosis (%) para diferentes características agronómicas en los híbridos interespecíficos de *P. argentatum* x *P. lozanianum*.

P. a. x P.l.	Altura Cobertura			Hoja		Flor		Tinción de polen	
	Hule	Resinas	de planta	Long.	Ancho	Long.No. flores de Pedúnculo			
1	30.77	-11.28	-28.73	-35.14	-39.87	-58.24	23.52	25.58	- .0003
2	- 6.15	- 4.75	-41.10	-52.35	-17.30	-55.85	-17.36	25.58	3.12
3	20.93	- 4.75	- 7.81	-26.54	-21.65	-57.71	34.38	25.58	.0012
4	13.81	- 1.49	-12.73	-10.80	-20.53	-59.30	16.42	25.58	3.72
5	16.55	9.43	- 9.09	7.21	- 9.18	-61.17	96.74	56.98	-3.53
6	17.92	5.46	-23.94	-21.56	-21.79	-50.26	51.92	- 5.80	5.56
7	62.79	28.31	-30.86	-14.23	-18.29	-57.97	73.65	25.58	1.60
8	12.99	13.12	-52.30	-40.83	-23.61	-56.11	48.84	25.58	3.83
9	50.47	36.83	7.54	-37.26	-15.20	-38.56	133.53	- 5.80	- .003
10	29.95	37.11	-17.63	-21.91	-28.94	-57.44	42.25	25.58	3.46
11	--	--	-13.76	-29.44	-28.94	-42.55	-18.22	25.58	.007
$\bar{x}$	28.44	10.79	-20.94	-25.71	-22.30	-54.10	44.15	22.72	1.61

P. a. = *Parthenium argentatum*  
P. l. = *Parthenium lozanianum*

10.79 por ciento, en estos mismos híbridos la heterosis para la característica altura y cobertura de planta los valores fueron negativos con excepción de una planta que para altura manifestó heterosis positiva y otra para cobertura que también tuvo la misma tendencia de valores de heterosis positiva. En el caso de las hojas para la longitud y ancho de las mismas, los valores fueron de heterosis negativa para todas las plantas híbridas de esta misma cruce, mientras que para el caso de longitud de pedúnculo, de flor y número de flores por pedúnculo, manifestó valores de heterosis positiva, con un promedio de 44.15 por ciento y 22.72 por ciento respectivamente. Por lo que respecta a la característica fertilidad de polen, también los valores de heterosis fueron positivos, expresando una media de todos los híbridos de 1.61 por ciento.

La heterosis puede influir para diferentes características agronómicas, dependiendo de la diversidad genética o diversidad geográfica entre los progenitores de la cruce o bien de los valores de los efectos de aptitud combinatoria general o específica de los progenitores y cruces respectivamente; la heterosis es causada por la presencia de genes dominantes heterocigóticos en condiciones favorables o por causa de la sobredominancia, en donde el heterocigótico es superior a ambos homocigóticos, o por genes epistáticos, o por genes con acción pleiotrópica. La heterosis del híbrido también puede originarse a causa de la complementación

de genes del citoplasma (genoma de mitocondria o de cloroplasto).

El conteo de cromosomas de las especies progenitoras y de sus híbridos nos revela, (Cuadro 5) que las plantas de guayule utilizadas como progenitor hembra, presentaron un número cromosómico diploide  $2n=2X=36$ , y su meiosis fue poco anormal. Las tres plantas estudiadas del progenitor *P. confertum* var. *typicum* mostraron un número cromosómico de  $2n=72$ , éste coincidió con previos reportes de Rollins (1950). Además esta especie presentó una meiosis muy anormal. Por lo que respecta al progenitor *P. lozanium* no se encontró ningún reporte previo de su número cromosómico en la literatura publicada, en este estudio se encontró que dentro de la misma especie hay por lo menos dos números cromosómicos, uno de  $2n=108$  y otro de  $2n=72$ , lo cual sugiere la existencia de una serie de poliploide, cuyo número cromosómico básico puede ser también de 18 cromosomas al igual que en *P. argentatum* (Bergner, 1946). Además esta especie presentó una meiosis casi normal, ya que fueron mínimas sus anormalidades.

En el estudio de los híbridos provenientes de *P. argentatum* x *P. confertum*, se encontró que de 10 plantas estudiadas cinco presentaron un número cromosómico de  $2n=54$ , ésto quiere decir que el 50 por ciento de los híbridos presentaron el número cromosómico esperado con una segregación normal de gametos de los progenitores, ya que *P. argentatum*

aportaría gametos  $n=18$  y *P. confertum*  $n=36$ , que al fecundarse darían  $2n=54$  en los híbridos. Sin embargo, las cinco plantas híbridas restantes estudiadas, presentaron una gran variabilidad de sus números cromosómicos, ya que fueron de  $2n=60$ ,  $2n=64$ ,  $2n=70$ ,  $2n=74$  y  $2n=90$  respectivamente; esta variación pudo ser causa de las anormalidades meióticas que presentaron los progenitores, las cuales trajeron como consecuencia gametos con un número de cromosomas irregulares, o que en la meiosis de estos progenitores la disyunción del número cromosómico también fue irregular, ocasionando gametos con números desbalanceados, y por lo tanto híbridos con números cromosómicos irregulares.

En las plantas híbridas de *P. argentatum* x *P. lozanium* el número cromosómico fue mas uniforme, ya que de 10 plantas estudiadas, nueve tuvieron  $2n=72$ , y solamente una manifestó un número cromosómico de  $2n=90$  (Cuadro 5). Tal vez estos resultados son un reflejo de una organización meiótica mas estable y precisa en la formación de gametos de los progenitores y también a una disyunción cromosómica normal de los mismos.

El estudio del apareamiento cromosómico de los híbridos se realizó en metafase I, ya que en esta fase es fácil observar los cromosomas apareados, que son los que se alinean normalmente en la placa ecuatorial, y los cromosomas univalentes que son los no apareados, que son los que se -

Cuadro 5. Número de cromosomas de los progenitores y sus híbridos en dos cruza interespecíficas.

Híbridos P. a. x P. c.	Número de cromosomas	Híbridos P. a. x P. l.	Número de cromosomas
Planta 1	2n=70	Planta 1	2n=72
Planta 2	2n=54	Planta 2	2n=72
Planta 3	2n=54	Planta 3	2n=72
Planta 4	2n=74	Planta 4	2n=72
Planta 5	2n=90	Planta 6	2n=72
Planta 6	2n=60	Planta 7	2n=72
Planta 7	2n=54	Planta 8	2n=72
Planta 8	2n=64	Planta 9	2n=90
Planta 9	2n=54	Planta 10	2n=72
Planta 11	2n=54	Planta 11	2n=72

Progenitores	Número cromosómico
<i>P. argentatum</i>	2n=36
<i>P. confertum</i> var. <i>typicum</i>	2n=72
<i>P. lozanium</i>	2n=72 y 2n=108

*P. a.* = *Parthenium argentatum*  
*P. c.* = *Parthenium confertum*  
*P. l.* = *Parthenium lozanium*

encuentran dispersos en el citoplasma, sin integrarse a la planta ecuatorial.

El número de univalentes varió entre los híbridos provenientes de la cruce de *P. argentatum* x *P. confertum* var. *typicum*, y la variación presentó una fluctuación de 2.55 por ciento a 6.34 con un promedio general de las 11 plantas híbridas estudiadas de 3.84 por ciento (Cuadro 6), esta variación pudo deberse a las irregularidades en la etapa de desarrollo de los microsporocitos (ya sea a la formación de quiasmas tardíos o a la separación temprana de los cromosomas (Hashemi *et al.*, 1987). Considerando que el valor promedio de univalentes de estos híbridos no es muy alta, se puede enfatizar que hubo homología cromosómica entre las dos especies progenitoras y que la especie *P. confertum* a pesar de ser una especie diferente a *P. argentatum* en lo que respecta a su morfología y hábito de crecimiento, ésta exhibe una alta afinidad con el guayule, ya que estas dos especies pudieron cruzarse fácilmente y además por la alta homología cromosómica que mostraron sus híbridos.

Los híbridos de *P. argentatum* x *P. lozanium*, manifestaron un porcentaje de univalentes con poca variación los resultados fueron de 2.35 por ciento a 2.82 por ciento, con un promedio de univalentes de 2.63 por ciento (Cuadro 7). Estos resultados coinciden en que la especie *P. lozanium*, presentó mas homología cromosómica en sus híbridos, ya que

Cuadro 6. Análisis del apareamiento cromosómico en los híbridos de *P. argentatum* x *P. confertum*.

Híbridos P.a.xP.c.	Número de univalentes													Número CMP	Porcentaje univalentes
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
P- 1	12	9	27	22	10	4	18	0	4	0	6	0	0	112	3.4728
P- 2	16	18	21	17	24	5	6	0	1	0	1	0	0	109	2.6234
P- 3	9	6	24	0	30	3	29	0	14	0	23	0	8	146	5.486
P- 4	22	24	32	15	8	0	6	0	5	0	6	0	0	118	2.5508
P- 5	11	5	14	2	22	5	12	2	13	0	14	0	0	100	4.82
P- 6	13	20	22	10	16	6	9	0	4	0	2	0	0	102	2.8823
P- 7	24	19	23	12	10	3	7	0	3	0	5	0	0	106	2.5660
P- 8	3	2	21	12	48	3	40	3	55	0	48	0	4	239	6.3430
P- 9	22	7	15	7	20	4	14	0	5	0	8	0	0	102	3.5490
P-10	11	15	21	15	15	2	12	0	8	0	3	0	1	103	3.3980
P-11	24	2	16	0	32	0	24	0	18	0	13	0	0	129	4.4961
$\bar{X}$															3.8352
SD															1.2830

Cuadro 7. Análisis del apareamiento cromosómico en los híbridos de *P. argentatum* x *P. lozanianum*.

Híbridos P.a.x P.l.	Número de univalentes											Número CMP	Porcentaje univalentes	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			11
P- 1	8	20	21	23	17	7	5	3	0	0	0	0	104	2.7403
P- 2	6	19	29	25	20	5	4	2	0	0	0	0	110	2.7632
P- 3	7	18	20	28	10	8	3	0	2	0	0	0	96	2.6664
P- 4	24	15	14	14	17	12	10	16	4	6	3	2	137	2.5614
P- 5	9	23	27	24	11	4	5	0	0	0	0	0	103	2.3589
P- 6	12	29	24	22	13	9	3	0	1	0	0	0	113	2.3535
P- 7	7	24	32	21	17	9	7	6	0	0	0	0	123	2.8289
P- 9	8	22	24	29	16	7	10	0	0	0	0	0	116	2.7235
P-11	7	15	35	27	19	8	5	1	0	0	0	0	117	2.7262
$\bar{X}$														2.6358
SD														0.1743

CMP= Células madres de polen

Ésta es una especie leñosa igual que *P. argentatum*, por lo tanto están mas estrechamente relacionadas, ésto es apoyado por el esquema evolutivo presentado por Rollins (1950) donde indica que efectivamente *P. lozanium* está mas relacionada con *P. argentatum*, ya que las dos son especies leñosas, mientras que la relación de guayule con *P. confertum* es menor por ser una especie herbácea lo que se afirma con los resultados obtenidos ya que la cruce de *P. argentatum* x *P. lozanium* presentó mas homología cromosómica que la cruce de *P. argentatum* x *P. confertum*, aunque las diferencias fueron mínimas, por lo tanto se puede deducir relativamente que los híbridos interespecíficos provenientes de la cruce *P. argentatum* x *P. lozanium* podrían tener una alta producción de semilla viable.

En ambos híbridos se encontraron irregularidades meióticas como fueron cromosomas retardados principalmente, éstos se presentaron en mayor cantidad en los híbridos de *P. argentatum* x *P. confertum* var. *typicum* ya que estos expresaron un porcentaje medio de cromosomas retardados de 1.26 por ciento, mientras que los híbridos provenientes de *P. argentatum* x *P. lozanium* mostraron un promedio de 0.510 por ciento de cromosomas retardados (Cuadro 8). Estos cromosomas fueron observados principalmente en anafase I y algunos en anafase II, probablemente estos cromosomas rezagados trajeron como consecuencia la formación de micronúcleos en las etapas subsecuentes, puesto que estos micronucleos se -

Cuadro 8. Observaciones de cromosomas retardadas en anafase I en híbridos F<sub>1</sub>.

No. planta	Híbridos de <i>P. a.</i> x <i>P. c.</i> retardados de 0-7								No. células CMP	Porcentaje cromosomas retardados
	0	1	2	3	4	5	6	7		
1	40	1	5	3	4	4	4	2	63	1.4206
5	52	2	3	5	4	3	3	4	76	1.3157
8	75	0	5	4	4	6	4	2	100	1.0600
									$\bar{x} =$	1.2654
									DS =	0.1854

No. planta	Híbridos de <i>P. a.</i> x <i>P. l.</i> retardados de 0-7								No. células CMP	Porcentaje cromosomas retardados
	0	1	2	3	4	5	6	7		
2	48	0	2	1	2	0	1	1	56	0.5000
6	71	1	2	3	2	2	0	1	82	0.4756
7	81	2	3	4	3	2	2	0	97	0.5567
									$\bar{x} =$	0.5107
									DS =	0.0416

*P. a.* = *Parthenium argentatum*  
*P. c.* = *Parthenium confertum*  
*P. l.* = *Parthenium lozianum*  
 CMP = Células madres de polen

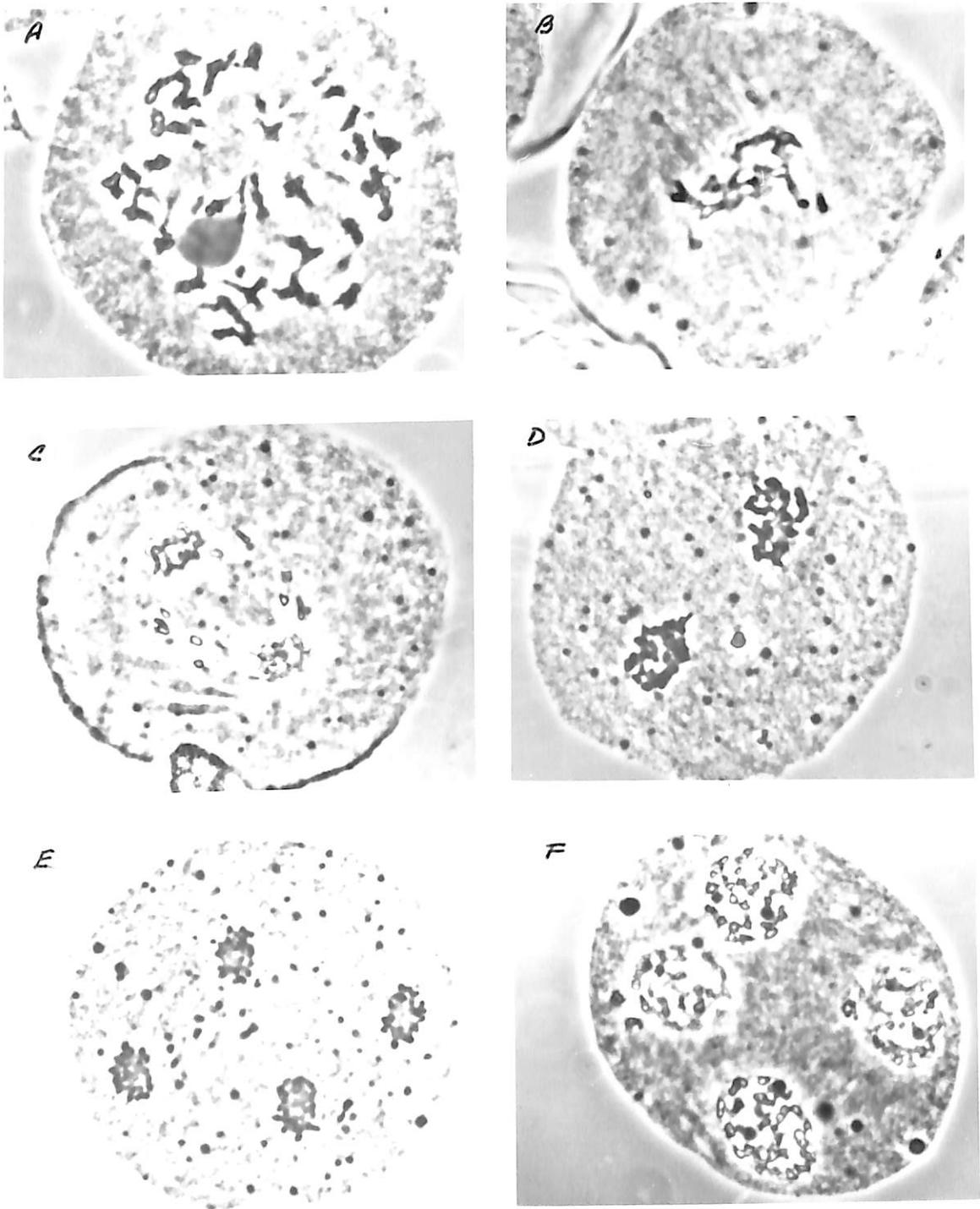


Figura 5. Meiosis de híbridos  $F_1$  de *P. argentatum* x *P. confertum*: A. Diacinesis con  $2n=72$ ; B. Metafase I con 6 univalentes; C. Anafase I con cromosomas retardados; D. Metafase II con un cromosoma rezagado; E. Telofase II con cromosomas retardados; F. Tetrada con formación de micronucleos.

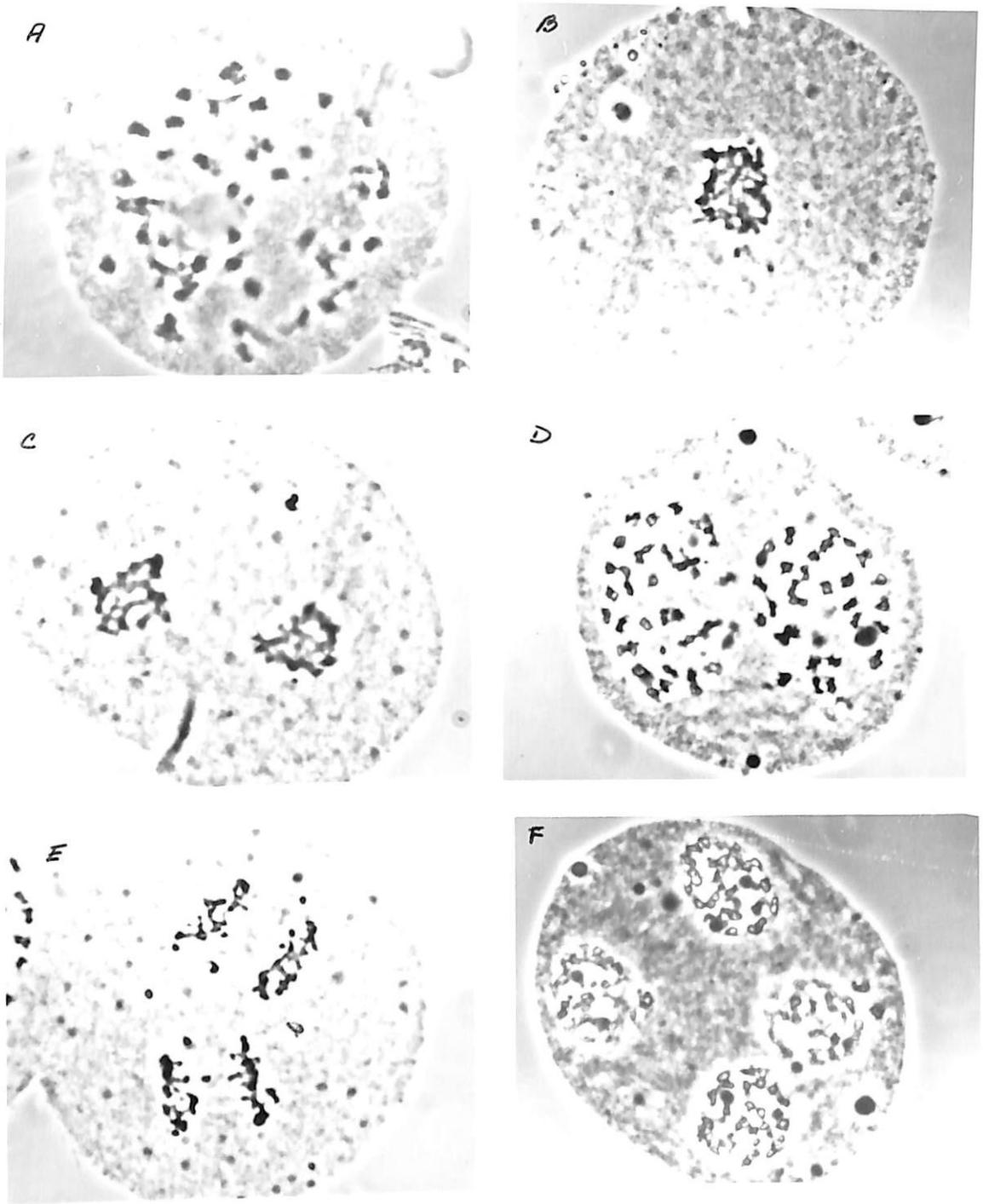


Figura 6. Meiosis de híbridos  $F_1$  de *P. argentatum* x *P. lozanium*: A. Diacinesis con  $2n=90$ ; B. Metafase I con cromosomas rezagados; C. Metafase II con cromosomas rezagados; D. Telofase I con micronúcleos; E. Anafase II con cromosomas retardados; F. Tetrada con micronúcleos.

crecimiento, que puedan producir mas biomasa por hectárea y mayor porcentaje de hule por planta.

## CONCLUSIONES

1. Existe una gran afinidad entre la especie *P. argentatum* y las especies *P. confertum* var. *typicum* y *P. lozanium*, indicada por la facilidad con que fueron obtenidos los híbridos de las cruzas interespecíficas realizadas entre dichas especies y comprobada con la alta homología cromosómica y bajo número de irregularidades meióticas encontradas mediante el estudio citogenético.
2. La mayoría de los híbridos provenientes de las dos cruzas manifestaron características morfológicas intermedias respecto a sus progenitores.
3. El contenido de hule en los híbridos fue mayor en comparación de los progenitores *P. confertum* var. *typicum* y *P. lozanium* y menor en comparación del progenitor *P. argentatum*.
4. Los híbridos obtenidos de las cruzas realizadas pueden ser utilizados en programas de mejoramiento por medio de retrocruzas para desarrollar cultivares con mayor velocidad de crecimiento y por lo tanto mayor cantidad de biomasa por hectárea y mayor porcentaje de hule por planta.

## RESUMEN

En este estudio se realizaron dos cruzas interespecíficas *P. argentatum* x *P. confertum* var. *typicum* y *P. argentatum* x *P. lozanianum*. Estas se llevaron a cabo en condiciones de invernadero. Los objetivos principales de esta investigación fueron; explorar la factibilidad de obtener híbridos  $F_1$  y hacer un estudio comparativo entre estos y sus progenitores, así como estimar el contenido y calidad de hule, porcentaje de resinas, y además un estudio comparativo morfológico de híbridos y progenitores incluyendo análisis citogenético de los mismos.

El análisis de hule realizado mostró un promedio de 6.75 por ciento para el progenitor *P. argentatum*, mientras que el progenitor *P. confertum* manifestó un promedio de hule de 0.76 por ciento, y sus híbridos expresaron una amplia variabilidad que fue de 2.12 por ciento a 5.95 por ciento, con un promedio de 4.48 por ciento. Para la cruce de *P. argentatum* x *P. lozanianum* el progenitor *P. lozanianum* mostró un porcentaje promedio de hule de 0.56 por ciento, los híbridos interespecíficos obtenidos de esta cruce expresaron una variación en el porcentaje de hule de 3.43 a 5.95 por ciento con un promedio de 4.55 por ciento, por lo que respecta a la

calidad de hule, los híbridos provenientes de las dos cruzas interespecíficas presentaron una calidad de hule muy similar a la del progenitor guayule.

En el estudio morfológico comparativo de la cruce *P. argentatum* x *P. confertum*, los híbridos manifestaron promedios de altura de planta, cobertura, tamaño de hoja y de inflorescencia en los que siempre superaron al progenitor *P. argentatum*, además se presentó una gran variación entre los híbridos que puede ser aprovechado para establecer un programa de retrocruzamiento y selección. Por lo que respecta a los híbridos de *P. argentatum* x *P. lozanium* se encontró que los promedios de altura de planta, cobertura, tamaño de hoja e inflorescencia también superaron al progenitor *P. argentatum*, indicando esto que los híbridos fueron mas altos y tuvieron mayor velocidad de crecimiento que el guayule, ya que todas las plantas crecieron en las mismas condiciones ambientales.

La heterosis para los híbridos provenientes de *P. argentatum* x *P. confertum* fue positiva para el porcentaje de hule y resinas, presentando promedios de 19.48 por ciento y 47.94 por ciento respectivamente. Para las características altura de planta, cobertura, tamaño de hoja y número de flores por pedúnculo, la heterosis fue negativa. Los híbridos provenientes de la cruce *P. argentatum* x *P. lozanium* manifestaron heterosis positiva para el porcentaje de hule con

un promedio de 28.44 por ciento, y para resinas fue de 10.79 por ciento, mientras que las características altura, cobertura y tamaño de la hoja, presentaron heterosis negativa.

Con respecto al estudio citogenético *P. argentatum* presentó un número cromosómico de  $2n=36$  y la especie *P. confertum*  $2n=72$ , mientras que los híbridos provenientes de estos dos progenitores presentaron una amplia variabilidad en el número cromosómico, ya que el 50 por ciento de los híbridos manifestaron números cromosómicos de  $2n=54$ , y el resto presentó números de  $2n=60$ ,  $2n=64$ ,  $2n=70$ ,  $2n=74$ , y  $2n=90$ . El análisis del apareamiento cromosómico en estos mismos híbridos manifestó un promedio de 3.84 por ciento univalentes, lo que demuestra que hay homología cromosómica entre las dos especies progenitoras. Estos híbridos presentaron anomalías meióticas, como fueron cromosomas retardados y micronúcleos, éstos se presentaron en mínima cantidad, reflejando la afinidad que existe entre *P. argentatum* y *P. confertum* var. *typicum*. El progenitor *P. lozanianum* presentó número cromosómico de  $2n=72$  y  $2n=108$ , mientras que los híbridos de *P. argentatum* x *P. lozanianum* presentaron un número cromosómico muy uniforme, ya que de 10 plantas estudiadas nueve presentaron  $2n=72$ , y solamente una presentó número cromosómico de  $2n=90$ . Por lo que respecta al análisis del apareamiento cromosómico, estos híbridos presentaron un promedio de univalentes de 2.63 por ciento, lo que indica que éstos tuvieron una alta homología cromosómica, las irregularidades meióticas en

estos híbridos fueron menores que en los híbridos provenientes de *P. argentatum* x *P. confertum*. Por lo tanto se deduce que hay afinidad tanto genética como morfológica entre la especie *P. argentatum* y la especie *P. lozanium*.

En general es posible que los híbridos obtenidos de las cruzas interespecíficas *P. argentatum* x *P. confertum* var. *typicum* y *P. argentatum* x *P. lozanium*, podrán ser utilizados en programas de mejoramiento por medio de retrocruzas y desarrollar cultivares con mayor velocidad de crecimiento, y por otro lado que puedan producir mayor biomasa por hectárea y mayor porcentaje de hule por planta.

## LITERATURA CITADA

- Angulo S., J.L., L.L. Jiménez and E. Campos. 1981. Storage hardening and "abnormal" groups in guayule rubber. *J. Appl. Polym. Sci.* 26:1511-1517.
- Bergner, A.D. 1946. Polyploidy and aneuploidy in guayule U. S. Agr. Tech. Boul. 918, 36 pp.
- Brauer H., O. 1983. *Fitogenética Aplicada*. Editorial Limusa. México. p. 283-312.
- Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). 1977. Reencuentro en el desierto. CIQA Centro de Investigación en Química Aplicada, perteneciente al Programa para la Creación del Centro de Investigación. Saltillo, Coah., México. p. 27-70.
- Estilai, A., A. Hashemi and V.B. Youngner. 1985. Genomic relationship of guayule with *Parthenium schottii*. *Amer. J. Bot.* 72(10):1522-1529.
- García V., A. 1977. *Manual de Técnicas de Citogenética*. 2a. Ed. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 118 p.

- Gerstel, D.U. 1950. Self-incompatibility studies in guayule. II. Inheritance Genetics. 35:482-506.
- Gloria H., G. y L. Pérez. 1982. Plantas de pastizales. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Recursos Naturales Renovables. 319 p.
- Gómez, H. 1982. Inter and Intraspecific Hibridization in the Genus *Parthenium*. In E.C. Greg, J.L. Tipton, and H.T. Hung. 3rd International. Guayule Conference pp. 327-331. Guayule Rubber Society Riverside, California.
- Hashemi, A., W.W. Wright and J.G. Waines. 1986. Meiotic Analysis and fertility of F<sub>1</sub> hibridos between guayule, *P. argentatum* and arborescent *P. tomentosum* var. *stramonium*. The 4th Int. Conference on Guayule. Research and Development. Guayule Rubber Soc. Univ. of Arizona Collage of Agricultura. 16-19 Oct. 1985. Tucson Arizona.
- Hashemi, A., J. E. West and J.G. Waines. 1986. Chromosome pairing and pollen fertility in interspecific hybrids of species of *Parthenium* (Asteraceae) Amer. J. Bot. 73(7):980-988.

- Hashemi, A., A. Estilai, J.E. West and J.G. Waines. 1987.  
Relationship of woody *Parthenium argentatum* and Her  
baccous *P. hispidum* var. *auriculatum* (Asteracea), .  
Amer. J. Bot. 74(9):1350-1358.
- Hashemi, A., A. Estilai, J.E. West and J.G. Waines. 1988.  
Artificial hybridization of rubber-bearing guayule with  
cold-tolerant *Parthenium ligulatum*. Amer. J. Bot. 75  
(2):197-204.
- Hashemi, A., A. Estilai and J.G. Waines. 1989. Cytogenetic  
analyses of intersectional hybrids between *Parthenium*  
*argentatum* and *Parthenium confertum*. Genome. 32:134-  
140.
- Johnson, B.L. 1950. High rubber yielding selections from a  
natural population of guayule. Agrom. J. 42:345-350
- Kuruvadi, S. y L.L. Ayala 1986. Variabilidad para el conte-  
nido de hule en ciertas colecciones nativas de guayu  
le. Agraria Revista Científica. 2(2):170-182.
- Kuruvadi, S. y E.E. Guzmán M. 1986. Cruzas interespecíficas en  
guayule UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México.
- Kuruvadi, S., Cárdenas E.C. and López A.B. 1987. Comparati-  
ve study of diploid and tetraploid guayule for ru-  
bber and other quantitative caracteres. El Guayulero.

6(3and4): 5-9.

- Kuruvadi, S. y Rodríguez F.G.C. 1988. Heterosis útil para rendimiento y sus componentes en frijol común. Comuna 150:10-11.
- Lloyd, F.E. 1911. Guayule *Parthenium argentatum* Gray a rubber plant of the Chihuahua Desert. Cornegie Inst. Wash Publ. No. 139. Washington, D.C.
- López B., A. and S. Kuruvadi. 1985. Variation in yield components and correlations in guayule. El Guayulero. 7 (1 and 2):24-26.
- Martínez, M. 1959. Plantas hulfíferas. El guayule y la *cryptospegia glandiflora*. Ediciones Botas. México. pp 187.
- Miller, M.J. and R.A. Backhaus. 1985. Rubber content in diploid guayule (*Parthenium argentatum*) chromosomes, rubber variation and implications for economic use. Economic Botany. 40(3). 366-374.
- Naqvi, H.H. 1982. Interespecific hybridization between *P. argentatum*(guayule) and *P. schottii* and *P. integrifolium*. Guayulero 4(1):10-12.

- Naqvi, H.H. and V.B. Yougner. 1984. Inheritance of rubber content and morphological traits in F<sub>1</sub> hybrids between *P. argentatum* (guayule) and *P. schottii*. Bulletin of the Torrey Botanical Clut. 111(3):377-382.
- Naqvi, H.H. 1985. Variability in rubber content among USDA guayule lines. Bulletin of the Torrey Botanical Clut. 112(2):196-198.
- Naqvi, H.H., A. Hashemi, J.R. Davey and J.G. Waines. 1987. Morphological, chemical, and cytogenetic characteres of F<sub>1</sub> hybrids between *Parthenium argentatum* (guayule) and *P. fruticosum* var. *fruticosum* (Asteraceae) and their potential in rubber improvement Economic Botany 41(1):66-77.
- Patoni, C. 1917. El Guayule (*Parthenium argentatum* Gray). Secretaría de Fomento, Colonización e Industria. Dirección de Agricultura. México. pp. 10-12.
- Reyes C., P. 1985. Fitogenotecnia Básica y Aplicada. AGD. Editor, S.A. México. P. 189-196.
- Rollins, R.C. 1946. Interspecific hybridization in *Parthenium*: II Crosses involving *P. argentatum* and *P. hysterophorus*. Amer. J. Bot. 33:21-30.

\_\_\_\_\_. 1950. The guayule rubber plant and its relatives  
The Gray Herbarium of Harvard University Cambridge  
Mass. USA. pp. 1-71.

Tipton, J.L. and E.C. Gregg. 1982. Variation in rubber con-  
centration of native Texas guayule. Hort Science. 17  
(5):742-743.

West, J.E. 1986. Interspecific hybridization in the genus  
*Parthenium*: breeding guayule for cold-hardiness and  
rubber quality. (Abstract) Dissertation Abstracts In-  
ternational. B. (Sciences and Engineering). 47(4):  
118 pp.

Youngner, V.B., H.H. Naqvi, J. West and A. Hashemi 1986.  
*Parthenium* species of potential use in the improve-  
ment of guayule, *Parthenium argentatum*. Journal of  
Arid Environments. 11:97-102.