



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES CAMPUS IZTACALA

“CARACTERIZACIÓN DEL GÉNERO *Spondias* DE IMPORTANCIA ECONÓMICA EN EL MUNICIPIO DE TZITZIO, MICHOACÁN”

297320

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE BIÓLOGO

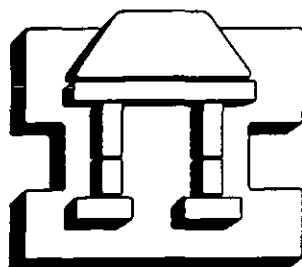
PRESENTA

NORMA PATRICIA CUANDÓN ARTEAGA

DIRECTOR DE TESIS

M. EN C. ISMAEL AGUILAR AYALA

ESTA TESIS NO SALE DE LA BIBLIOTECA



IZTACALA

JULIO DEL 2001



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

*Cada uno de nosotros esta comprometido a
vigilar y custodiar el justo ordenamiento
del paisaje terrestre; cada uno con su
espíritu y sus manos, en la porción que
le toque, para evitar que el tesoro que
transmitamos a nuestros hijos sea menor
que el que nos dejaron nuestros padres.*

William Morris.

*... Cada vez que muere un ave, cada vez que
arde un bosque, y sobre todo, cada vez que
una especie animal o vegetal desaparece,
las posibilidades de supervivencia
se reducen para la humanidad.*

Parque zoológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES

A quienes agradezco profundamente su comprensión, confianza, constante estímulo y respaldo a todo lo que emprendo. Y a los cuales les digo "Que valió la pena tanto esfuerzo".

A MIS HERMANAS

Fabiola, Aideé y Mariana, que son lo más grande que Dios me ha dado.

A MI TIA TERE

Que me ha regalado todo su tiempo y a quien le agradezco su apoyo incondicional.

A MIS ABUELITAS Y ACADA UNO DE MIS FAMILIARES

Quienes siempre me han apoyado.

A MI TIO GABRIEL

Por estar pendiente de mi salud, y por todos aquellos consejos de aliento.

A MI TIO JAVIER

Gracias por cada uno de los consejos que me brindaste, por dedicarme tiempo, por tu amistad sincera. Siempre te recordaré.

A LULÚ

Quién me ha apoyado siempre, no se como agradecerle tantas cosas. Gracias por levantarme el ánimo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no hubiera sido posible sin la colaboración de todas aquellas personas (familiares, amigos y profesores) que me apoyaron durante el proceso de investigación y redacción.

El trabajo es parte del proyecto “Caracterización de frutales nativos, tolerados y cultivados con importancia económica en el Municipio de Tzitzio, Michoacán” y que fue financiado parcialmente por Fundación produce Michoacán.

Deseo agradecer la invaluable colaboración de las personas que revisaron el escrito:

Al M.en C. Ismael Aguilar Ayala por su interés y confianza en mi trabajo, así como por su constante y pronta disposición.

Al M. en C. Alberto Arriaga Frías y a los Biólogos Manuel Mandujano Piña, Antonia Trujillo, Edith López Villafranco, Rosa María Fonseca Juárez, Alejandro Monsalvo, gracias por brindarme su tiempo y conocimientos en la Revisión de este trabajo.

Al M. en C. Gerardo Ortiz Montiel por las facilidades otorgadas para la realización del trabajo.

A todos aquellos profesores que intervinieron de alguna manera en mi formación como persona y profesional.

Un profundo agradecimiento a las familias Sánchez Mendoza y Bautista Rivas, por permitirme realizar el trabajo mecanográfico.

Mi más sincera gratitud a cada uno de mis amigos que siempre me han apoyado: Lourdes, Adrián, Lorena, Alma, Elizabeth, Socorro, Verónica, José Luis, Jorge, Jesús, Daniel, Catalina, Alicia, Susana, José Antonio, Sara, Elba, David...

INDICE

I. Introducción	1
II. Antecedentes	3
2.1. Importancia de la botánica sistemática	3
2.2. Ubicación taxonómica de la familia Anacardiaceae	4
2.3. Género <i>Spondias</i>	6
2.3.1. Distribución de la ciruela <i>Spondias</i>	9
2.3.2. Requerimientos ambientales de la ciruela <i>Spondias</i>	10
2.3.3. Importancia de la ciruela <i>Spondias</i>	10
2.3.4. Usos de la ciruela <i>Spondias</i>	11
2.3.5. Nombres populares del género <i>Spondias</i>	13
2.3.6. Variedades de <i>Spondias purpurea</i>	17
2.4. Generalidades sobre fenología	17
2.5. Filogenia	18
2.6. Electroforesis	20
III. Objetivos	23
3.1. Objetivo general	23
3.2. Objetivos particulares	23
IV. Material y métodos	24
4.1. Descripción de la zona de estudio	24
4.1.1. Situación geográfica	24
4.1.2. Fisiografía	24
4.1.3. Clima	26
4.1.4. Precipitación	26
4.1.5. Hidrología	26
4.1.6. Geología	26
4.1.7. Agricultura y vegetación	27
4.1.8. Fauna	27
4.2. Material vegetativo	28
4.3. Variables de estudio	28
4.4. Métodos	28
4.4.1. Árbol	29
4.4.2. Tallo	29
4.4.3. Hoja	30
4.4.4. Inflorescencia	31
4.4.5. Cáliz	31
4.4.6. Flor	33
4.4.7. Androceo	34
4.4.8. Gineceo	36
4.4.9. Fruto	38

4.4.10. Semilla	38
4.4.11. Fenología	39
4.4.12. Relaciones filogenéticas	39
4.4.13. Electroforesis	40
V. Resultados y Discusión	43
5.1. Características del árbol	43
5.1.1. Habito de crecimiento y forma del árbol	43
5.1.2. Altura del árbol	43
5.1.3. Copa del árbol	44
5.2. Características del tallo	49
5.2.1. Textura, color y tipo de tallo	49
5.2.2. Patrón de ramificación	49
5.2.3. Tamaño del tallo	49
5.3. Características de las hojas	51
5.3.1. Tipo de hoja y patrón de nervación	51
5.3.2. Posición de la hoja en el tallo, ápice, base y borde de la hoja	51
5.3.3. Forma y color de la hoja	51
5.3.4. Tamaño de la hoja	52
5.3.5. Número de folíolos, peciolo y estípulas	52
5.4. Características de la inflorescencia	57
5.4.1. Tipo y posición de la inflorescencia	57
5.4.2. Tamaño de la inflorescencia	57
5.5. Características del cáliz	58
5.5.1. Número y forma de sépalos; tipo, aspecto general, morfología externa y duración del cáliz.	58
5.5.2. Color del sépalo	58
5.5.3. Tamaño del sépalo	59
5.6. Características de la flor	60
5.6.1. Prefloración, simetría, tipo y sexo de la flor	60
5.6.2. Diámetro de la flor	62
5.6.3. Color de la flor	62
5.6.4. Número de flores por racimo	62
5.6.5. Tipo y forma de corola	62
5.6.6. Número y forma de pétalos	63
5.6.7. Color de los pétalos	63
5.6.8. Tamaño de los pétalos	63
5.7. Características del androceo	67
5.7.1. Número de estambres	67
5.7.2. Tamaño de los estambres	67
5.7.3. Tipo de estambres, relación entre el número de estambres y Pétalos	68
5.7.4. Color de los estambres	68
5.7.5. Forma, inserción y orientación de la antera, tipo de Dehiscencia	68
5.7.6. Tamaño de la antera	68
5.7.7. Tamaño del filamento	69

5.8. Características del gineceo	71
5.8.1. Tipo de gineceo	71
5.8.2. Tamaño del gineceo	71
5.8.3. Disco	72
5.8.4. Tamaño del disco	72
5.8.5. Tamaño del ovario	73
5.8.6. Color del ovario	73
5.8.7. Forma y posición del ovario	73
5.8.8. Lóculos	74
5.8.9. Placentación	74
5.8.10. Número y color de los estigmas	74
5.8.11. Número y color de los estilos	74
5.8.12. Número y forma de los óvulos	75
5.9. Características del fruto	78
5.9.1. Tipo de fruto	78
5.9.2. Tipo y forma de epidermis	78
5.9.3. Color del fruto	78
5.9.4. Tamaño del fruto	79
5.9.5. Índice de redondez	79
5.9.6. Peso del fruto	80
5.10. Características de la semilla	87
5.10.1. Color de la semilla	87
5.10.2. Tamaño de la semilla	87
5.10.3. Peso de la semilla	87
5.10.4. Color y forma del embrión	88
5.10.5. Tamaño del embrión	88
5.10.6. Número de embriones por semilla	88
5.11. Fenología	91
5.12. Relaciones filogenéticas	94
5.13. Patrones electroforéticos	97
VI. Conclusiones	104
VII. Recomendaciones	105
VIII. Apéndices	106
A Variables de estudio	106
B Geles al 5% - 10%	111
C Codificación de los caracteres morfológicos	112
D Matriz del análisis morfológico	120
E Codificación de las bandas de proteínas	122
F Matriz del análisis proteico	123
IX. Glosario	125
X. Literatura citada	129

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía No. 1. Árbol del fenotipo gorda de ciruela <i>Spondias</i>	45
Fotografía No. 2. Árbol del fenotipo negra de ciruela <i>Spondias</i>	46
Fotografía No. 3. Árbol del fenotipo redonda de ciruela <i>Spondias</i>	47
Fotografía No. 4. Árbol del fenotipo güingure de ciruela <i>Spondias</i>	48
Fotografía No. 5. Frutos del fenotipo amarilla de ciruela <i>Spondias</i>	82
Fotografía No. 6. Frutos del fenotipo negra de ciruela <i>Spondias</i>	82
Fotografía No. 7. Frutos del fenotipo gorda de ciruela <i>Spondias</i>	83
Fotografía No. 8. Frutos del fenotipo redonda de ciruela <i>Spondias</i>	83
Fotografía No. 9. Frutos del fenotipo roja de ciruela <i>Spondias</i>	84
Fotografía No. 10. Frutos del fenotipo güingure de ciruela <i>Spondias</i>	84
Fotografía No. 11. Racimos de 1 a 6 frutos	85
Fotografía No. 12. Posición de los frutos en el árbol del fenotipo güingure	86
Fotografía No. 13. Punto máximo de foliación	93
Fotografía No. 14. Crecimiento del fruto	93
Fotografía No. 15. Corrimiento electroforético de los diferentes fenotipos de ciruela <i>Spondias</i>	100
Fotografía No. 16. Corrimiento electroforético de las diferentes proteínas en los fenotipos de ciruela <i>Spondias</i>	103

INDICE DE FIGURAS

Figura No. 1. Ubicación de la zona de estudio	25
Figura No. 2. Esquema de la hoja del fenotipo amarilla	54
Figura No. 3. Esquema de la hoja del fenotipo gorda	54
Figura No. 4. Esquema de la hoja del fenotipo negra	55
Figura No. 5. Esquema de la hoja del fenotipo redonda	55
Figura No. 6. Esquema de la hoja del fenotipo roja	56
Figura No. 7. Esquema de la hoja del fenotipo güingure	56
Figura No. 8. Esquemas de las diferentes estructuras de la flor	61
Figura No. 9. Esquemas de las flores de los diferentes fenotipos de ciruela <i>Spondias</i>	66
Figura No. 10. Esquema de las semillas de los fenotipos de ciruela <i>Spondias</i>	90
Figura No. 11. Fenograma de los seis fenotipos de ciruela <i>Spondias</i>	96
Figura No. 12. Fenograma del peso molecular de las proteínas de los seis fenotipos de ciruela <i>Spondias</i> .	99

INDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1.	Características del árbol	44
Cuadro No. 2.	Características del tallo	50
Cuadro No. 3a.	Características de la hoja	53
Cuadro No. 3b.	Características de la hoja (continuación)	53
Cuadro No. 4.	Características de la inflorescencia	58
Cuadro No. 5a.	Características del cáliz	59
Cuadro No. 5b.	Características del cáliz (continuación)	60
Cuadro No. 6a.	Características de la flor	64
Cuadro No. 6b.	Características de la flor (continuación)	64
Cuadro No. 6c.	Características de la flor (continuación)	65
Cuadro No. 7a.	Características del androceo	70
Cuadro No. 7b.	Características del androceo (continuación)	70
Cuadro No. 7c.	Características del androceo (continuación)	71
Cuadro No. 8a.	Características del gineceo	75
Cuadro No. 8b.	Características del gineceo (continuación)	76
Cuadro No. 8c.	Características del gineceo (continuación)	77
Cuadro No. 8d.	Características del gineceo (continuación)	77
Cuadro No. 9a.	Características del fruto	81
Cuadro No. 9b.	Características del fruto (continuación)	81
Cuadro No. 10a.	Características de la semilla	89
Cuadro No. 10b.	Características de la semilla (continuación)	89
Cuadro No. 11.	Características de la fenología	94
Cuadro No. 12.	Peso molecular de las proteínas encontradas en los fenotipos de ciruela <i>Spondias</i>	98
Cuadro No. 13.	Concentración de proteínas (mg/ μ g) en embrión de cinco fenotipos de ciruela <i>Spondias</i>	102

RESUMEN

El género *Spondias* es nativo de los trópicos secos de América. En México se localiza en 21 entidades federativas en forma silvestre, tolerada o cultivada. Su cultivo ha tenido un desarrollo importante en México en los últimos años, en 1995, la superficie sembrada fue de 11, 476 ha. En 1996, Michoacán ocupó el quinto lugar en superficie sembrada con 818 ha y una producción de 5 512 toneladas. Particularmente, en el Municipio de Tzitzio, Michoacán, existen diferentes fenotipos de ciruela *Spondias*, con más de 250 000 árboles aproximadamente, de los cuales se desconoce la especie a la cual pertenecen, por lo que el objetivo de la presente investigación fue caracterizar morfológica y fenológicamente seis fenotipos de ciruela *Spondias* con importancia económica en el Municipio. Se realizaron colectas y observaciones de campo en seis fenotipos de ciruela: **amarilla**, **gorda**, **negra**, **redonda**, **roja** y **güingure**, considerando 86 variables de estudio, para establecer diferencias morfológicas del árbol, flor, fruto, hojas y semillas, con base en material vivo colectados y revisión de literatura, así como el registro de la fenología, además se realizó una electroforesis para establecer las diferencias entre los fenotipos. En cuanto a los resultados se encontró que los 6 fenotipos son árboles con hojas imparipinnadas; foliolos opuestos y/o alternos. Las flores son pequeñas, de color rojo o amarillo, en inflorescencias axilares, ubicadas a lo largo de ramas delgadas sin hojas; son flores pentámeras con pedicelos cortos. Presentan cinco sépalos y pétalos libres. Un disco anular grueso. Gineceo sincárpico con 10 estambres, insertados abajo del disco, 5 de ellos más pequeños; anteras dorsificadas que abren longitudinalmente. Ovario súpero con 4 cavidades generalmente. El fruto es una drupa de color rojo o amarillo; con exocarpio delgado, mesocarpio carnoso y grueso, endocarpios obovoides, duros y cubiertos por una matriz fuerte, tosca y fibrosa. La floración, el amarre del fruto, el crecimiento de flor a fruto y la foliación para cada fenotipo es diferente. Con los resultados morfológicos y de electroforesis se determinó que los seis fenotipos pertenecen a la especie *Spondias purpurea*. La relación filogenética más estrecha se encontró entre los fenotipos **roja-güingure**, y **negra-redonda**; el grupo **gorda** une a estos dos grupos y la **amarilla** presenta una relación más alejada, debido al color de las estructuras de la flor y fruto.

I. INTRODUCCION

El género *Spondias* es nativo de los trópicos de América, pero se ha encontrado en Asia tropical, sin embargo sólo tres especies han sido descritas para América y dos para Asia, ninguna de ellas es cultivada intensamente, aunque menor número de variantes han sido reconocidas taxonómicamente. En México se le considera como un frutal con potencial económico, ya que a partir de los 80's el cultivo comercial se ha intensificado, para 1985, la superficie sembrada total fue de 5,126 ha y en 1995 incrementó a 11,476 ha. Se han encontrado ciruelas del género *Spondias* en 21 estados, destacando Puebla, Chiapas, Veracruz, Jalisco y Michoacán. Éste último presentó en 1996 una superficie sembrada de 818 ha de las cuales 795 ha son de riego y 23 ha de temporal obteniéndose una producción de 5,512 ton. Su importancia ha crecido debido a las características cualitativas de la planta como la calidad del fruto, por lo que éste va conquistando gradualmente mercados desde el local, regional, nacional hasta el internacional. Japón es uno de los países que esta interesado en el consumo de esta fruta pero no ha podido ser exportada con éxito debido a la falta de identificación de las especies existentes de ciruela y a la insuficiencia de la producción. Así, en el Municipio de Tzitzio, Michoacán, existen aproximadamente 250 000 árboles que pertenecen a 6 fenotipos diferentes de los cuales no se tienen datos básicos sobre morfología y relación con el medio, lo cual señala cuan insuficiente es el conocimiento acerca de esta planta.

Los factores climáticos, topográficos, edafológicos, ecológicos, etc., provocan una gran diversidad vegetal, encontrando especies introducidas, nativas y toleradas; sin embargo en el país, se hace mayor énfasis en las especies introducidas, que requieren de mayores ingresos económicos y técnicos; estos frutales, año con año enfrentan serios problemas al momento de comercializar la fruta debido a la alta concentración de cosecha, lo que ocasiona una saturación del mercado y por lo tanto bajos precios al momento de comercializar los productos, además de que se presentan

grandes problemas de plagas y enfermedades, lo que hace poco atractivo y rentable a dichos frutales, por lo que se deben considerar otras especies. El futuro de la agricultura y fruticultura esta en las especies nativas, sin embargo, la gran mayoría de estas son desconocidas, debido principalmente a la falta de estudios y de investigaciones que permitan determinar cuales son de mayor importancia; cabe mencionar que la mayoría de las plantas son estudiadas de manera local, lo que provoca que no se tengan resultados contundentes, ya que muchas de ellas podrían encontrarse en lugares y con nombres diferentes, lo cual crea un gran acervo, sin embargo son estudios trascendentales para el conocimiento básico de las plantas.

Para el conocimiento de las plantas se consideran diferentes métodos como los morfológicos, genéticos, fenológicos, ecológicos, bioquímicos, organolépticos, entre otros. En primer lugar, se deben conocer las características morfológicas, para saber de quién se está hablando y establecer las relaciones con el ambiente; mientras que la filogenia le da sentido y perspectiva a la información que generan las diferentes ramas de la biología, ya que ocupa un lugar central en la sistemática y la taxonomía, resuelven problemas de posición y nomenclatura. Por otro lado, la fenología es importante pues de ella depende en gran medida el momento oportuno en que se realicen las labores de cultivo para obtener rendimientos adecuados. Por lo que el propósito del presente trabajo es determinar las características básicas, desde el punto de vista morfológico, fenológico y filogenético de 6 fenotipos de ciruela *Spondias* con importancia económica en el Municipio de Tzitzio.

II. ANTECEDENTES

2.1. Importancias de la Botánica Sistemática

Es imposible hacer resaltar, en unas cuantas líneas, la enorme importancia que para el hombre tiene la Botánica Sistemática. Basta hacer notar que, gracias a ella, se han ordenado los innumerables conocimientos que se tienen acerca de los vegetales y de esa manera se evitan confusiones, se distinguen unas plantas de otras, su estudio se hace más sencillo, lógico y metódico y, sobre todo, se puede hacer en forma racional la aplicación inmediata de esos conocimientos a las actividades humanas como la alimentación, la Medicina, la industria, etc.

Los caracteres que presentan los vegetales son muy diversos y numerosos, por lo que hay necesidad de hacer abstracción de muchos de ellos, como de aquellos considerados de poca importancia, que están sujetos a constante variación y que se denominan caracteres secundarios. En cambio, existen otros bastante estables, que no varían o tienen poca variación y se llaman caracteres primarios o esenciales. Estos caracteres son los que fundamentalmente deben aprovecharse en la clasificación. En las fanerogamas, son caracteres primarios los que se refieren a la situación, estructura y disposición de los órganos reproductores masculinos y femeninos, de las cubiertas florales, de los frutos y semillas. Entre los caracteres secundarios están la forma, tamaño y color de las raíces, de los tallos, de las hojas, de los frutos y de las semillas (Cronquist, 1978).

En base a estas características se establecieron clasificaciones o Sistemas Naturales, que en un principio fueron deficientes e incompletas pero con el paso del tiempo se perfeccionaron lentamente hasta llegar a las actuales, las cuales indican, el grado verdadero de parentesco evolutivo entre las diversas especies vegetales. Las Clasificaciones o Sistemas Naturales que se consideran importantes, debido a que muchos autores los emplean aún en sus libros y numerosos profesores en sus

cátedras, son las siguientes: el Sistema de Braun, Sistema de Eichler, Sistema de Wettstein y el Sistema de Engler, y la de Cronquist (1981), que es la más aceptada en la actualidad, porque trata de sintetizar algunas de las proposiciones hechas por diversos autores contemporáneos (Herrera y Ruíz-Oronoz, 1961), la cual se menciona específicamente para el género *Spondias*.

División	Magnoliophyta (Angiospermas)
Clase	Magnoliopsida (Dicotiledóneas)
Orden	Sapindales
Familia	Anacardiaceae
Tribu	Spondiadeae
Género	<i>Spondias</i>

2.2. Ubicación taxonómica de la Familia Anacardiaceae

Ruiz (1985) menciona en su trabajo sobre las Anacardiáceas, que en 1862 Benthom y Hooker incluyen a la familia Anacardiaceae en el Orden Sapindales, junto con otras dos familias: Sapindaceae y Sabiaceae. Engler y Prantl en 1869, consideran también en el Orden Sapindales a la familia Anacardiaceae, junto con otras 22 familias; mientras que Cronquist (1968), propone 17 familias en el Orden Sapindales, considerando entre ellas a las Anacardiaceae. Por su parte, Takhtajan (1969), considera el Orden Sapindales en 11 familias, entre las cuales se encuentra la familia Anacardiaceae.

Cronquist (1981), reduce el orden Sapindales a 15 familias manteniendo entre ellas a las Anacardiaceae; así mismo, Sánchez (1986) ubica a la familia Anacardiaceae en el Orden Sapindales. Sin embargo, Strasburger, et. al., (1985) incluyen a la familia Anacardiaceae en el Orden Rutales.

Por su lado, Gola, et. al. (1965), proponen que lo mismo que los Malvales y los Geraniales, las Terebintales se enlazan con el tipo arcaico de las Euforbiaceae; este enlace se manifiesta en la afinidad que se descubrió entre las Malpighiaceae y Zigofilaceae, del orden Geraniales y Terebintales por los caracteres morfológicos y serodiagnósticos de la familia de las Rutaceae. Dentro del orden Terebintales hay 4 familias: Rutaceae, Burseraceae y Melaceae, que forman un grupo característico; otro grupo esta constituido por las familias Poligalaceae y las Vochysiaceae, y constituye a modo de eslabón, un enlace con las Geraniales, finalmente, un tercer grupo, con rudimentos seminales apótropos, con las Anacardiaceae, Sapindaceae, Aceraceae, etc., enlaza a este orden con el de las Quelastrales.

También se cree que la familia Anacardiaceae está estrechamente relacionada con las Julianaceae; las Julianaceae son muy parecidas a las Anacardiaceae con aspectos y características anatómicas, también en algunas características florales como el ovario tricarpelar y unilocular, con un óvulo solitario (Cronquist, 1981). Evidencias palinológicas y anatómicas de la madera parecen apoyar una estrecha relación con Burseraceae, de la cual las Anacardiaceae difieren esencialmente en los lóculos del ovario uniovulado y en la apotropía de los rudimentos seminales en Anacardiaceae (Ruíz, 1985).

Las Anacardiaceae han sido incluidas en los Sapindales por la mayoría de los filogenetistas. Hallier considera que la familia sub-Terebinthaceae tiene un ancestro común del taxa amentiferous (como Juglandaceae, Leitneriaceae, Fagaceae, Urticaceae, etc.) también de Aceraceae, que son derivados de Rutaceae (Lawrence, 1989). Hutchinson (1973) trata como uno de los miembros más avanzados de los Sapindales a la familia Anacardiaceae.

Por su parte, Airy y Forman (1967) menciona que en un principio Engler en 1883 dividió a la familia Anacardiaceae en 4 tribus: Mangifereae, Spondiadeae, Rhoeae y Semecarpeae; después se dividió en 5 tribus: Anacardieae, Semecarpeae, Rhoeae, Dobineae y Spondiadeae.

La familia Anacardiaceae, agrupa alrededor de 80 géneros con 600 especies, todos árboles del trópico americano y asiático cultivados o silvestres; presenta como caracteres distintivos la presencia de conductos con resina, flores usualmente pentámeras, estambres que salen de un disco que rodea al ovario y su fruto drupáceo. Contiene muchas plantas de importancia hortícola como el marañón (*Anacardium occidentale*), mango (*Mangifera indica*), pistacho (*Pistacia vera*); una nuez pequeña llamada "chironji" (*Buchanania latifolia*) y la ciruela tropical "amara" (*Spondias mangifera*) y el zumaque (*Rhus caryaria*) (Standley y Steyemark, 1949; Hutchinson, 1973; Sing, 1970; Martín y Hutchins, 1980; León, 1987; Lawrence, 1989; Kosterman, 1991; Sánchez, et al, 1992; Kewensis, 1994).

La tribu Spondiadeae está conformada por 17 géneros, uno de ellos es el género *Spondias*, que presenta alrededor de 80 especies y que presenta un interés particular para la realización del presente trabajo. Esta tribu consiste de árboles o arbustos. Generalmente presentan hojas pinnadas, imparipinnadas o ternadas; en raras ocasiones simples. El número de estambres es el doble del número de pétalos. Tiene de 1 a 12 carpelos (usualmente 4 ó 5) fusionados (Cronquist, 1981; Kewensis, 1994; Avitia, 1997b).

El género *Spondias* presenta varias especies, entre las que se encuentran bien caracterizadas: *Spondias haplophylla*, *S. bipinnata*, *S. philippinensis*, *S. laxiflora*, *S. indica*, *S. bivenomarginalis*, *S. radalkoferi*, en estado silvestre y *S. purpurea*, *S. lutea*, *S. cytherea*, *S. mombin*, *S. tuberosa*, *S. pinnata*, y *S. lakonensis*, que son objeto de cultivo, por lo que se encuentra una gran variabilidad genética, además de que de éstas especies las primeras cuatro son las de mayor impacto económico y de investigación (Airy y Forman, 1967; Kosterman, 1991).

2.3. Género *Spondias*

Los estudios que se han realizado de ciruela *Spondias* spp. Sobre fenología y morfología son escasos, aunque existan reportes desde que Theophrastus les dio el

nombre de *Spondias* por parecer sus frutos a la ciruela europea *Prunus persica*, que corresponde a la familia de las Rosáceas (Bailey, 1949). Así mismo, los españoles compararon la ciruela *Spondias* con la ciruela originaria del viejo Mundo.

Airy y Forman (1967), citan varios trabajos que se realizaron sobre *Spondias*, entre los que destacan: Lineo en 1753 estableció originariamente un género monotípico al cual llamo *Spondias* y del cual se derivaron una serie de estudios, donde un número menor de variantes de las especies cultivadas fueron reconocidas para clasificarlas taxonómicamente. El trabajo básico sobre la familia de las Anacardiaceae es el de Engler de 1883. En 1898, Pierre toma como base el trabajo de Engler y describe a *Spondias lakonensis*, y lo propone como un subgénero especial de *Allospodias*; el cual posteriormente fue elevado por Stapf en 1900 como un rango genérico debido a que consideró el tipo de endocarpos; y en 1931, Metcalf lo transfirió a una especie de *Spondias* previamente descrita por Merrill, como *Poupartia chinensis*. Merrill, en 1936, redujo *Spondias chinensis* a *Allospodias lakonensis*. En 1945, una segunda especie fue agregada a *Allospodias*, nombrada como *A. laxiflora*. Además Airy y Forman (1967), en su trabajo presentan una clave de identificación para el género *Spondias* de Asia Tropical, determinando 10 especies: *Spondias haplophylla*, *S. bipinnata*, *S. philippinensis*, *S. lakonensis*, *S. laxiflora*, *S. indica*, *S. purpurea*, *S. mombin*, *S. cytherea* y *S. pinnata*.

Standley y Steyemark (1949), describen 2 especies de *Spondias*, desde un punto de vista morfológico, sugiriendo claves de identificación, *S. mombin* y *S. purpurea*. Por otro lado, Blacwell (1967), trata el género *Spondias* en la Flora de Panamá con 2 especies: *S. purpurea* y *S. mombin*, encontradas en la Isla de Barro Colorado, menciona que *S. radlkoferi*, podría ser segregado de *S. mombin*. Mientras que Croat (1974) clasifica 2 especies de *Spondias*: *S. radlkoferi* y *S. mombin*, caracterizándolas en el campo y en el herbario, considerando diferentes caracteres como el tipo de floración, tipo de flores, desarrollo de hojas durante la floración, apariencia del fruto, época de fructificación. Llegando a la conclusión de que *S. radlkoferi* ha sido derivada de *S. mombin* y probablemente por esto ha perdido la

habilidad de producir frutos rojos. Hernández (1977), encuentra diferentes tipos de ciruela mexicana, *S. purpurea* en el Estado de Veracruz, en los cuales realizó estudios físicos internos y externos del fruto, tales como color, tamaño, peso, grados brix, volumen de jugo y pH, esto con el fin de encontrar árboles altamente productivos, sanos y con frutos de buena presentación. También, Martínez (1979) hace una recopilación de la descripción morfológica de diferentes tipos de ciruela *Spondias*: ciruela del Estado de Jalisco (Standley); ciruela amarilla de Veracruz y Oaxaca (Ramírez y Alcocer) y la ciruela mango de Puebla, todas ellas pertenecen a la especie *S. mombin*; ciruela campechana de Veracruz, Chiapas y Tabasco (Ramírez y Alcocer), ciruela colorada (Ramírez y Alcocer), ciruelos que pertenecen a la especie *S. purpurea*, y el ciruelo cimarrón de Veracruz que se ubica dentro de la especie *S. terebinthaceus*. Por su parte, Nava y Uscanga (1979) analizan física y químicamente la porción comestible y la corteza de 9 tipos de ciruela *Spondias*, así como los receptáculos florales. Frutos de 17 tipos de *Byrsonima crassifolia* establecidos en el Estado de Veracruz.

Así mismo, Hernández y Yañez (1980), describen algunas observaciones florales realizadas en cultivos de ciruela mexicana (*S. purpurea* L.) de las selecciones clonales: roja carnuda, joba y cabeza de loro del Estado de Veracruz; realizando medidas de longitud y diámetro de las estructuras de la flor. Las observaciones preliminares de Chávez, Sergio y Pimienta (1981) indican que el fruto se origina de una flor hipógina, pentacarpelar-sincárpica, en su estudio sobre la morfología de frutos jóvenes de ciruela mexicana.

León y Shaw (1990) hacen una caracterización de 4 fenotipos de *Spondias* de América tropical: la roja (púrpura) mombin *S. purpurea*, la amarilla mombin, o ciruela *S. lutea* y la imbu *S. tuberosa*; y una de Polinesia que fue introducida en América tropical y es conocida como umbarella o manzana de otahite, *S. cytherea*. Todas ellas de gran importancia, ya que son aprovechadas como fruta fresca en estado verde y maduro. Mientras que Kosterman (1991) hace una recopilación de la

información de diferentes fenotipos de ciruela *Spondias* a cerca de la distribución, descripción botánica, requerimientos ambientales y fenología.

Avitia (1997a), reporta la fenología y dioceia en 4 tipos de ciruela mexicana (*S. purpurea* L.): ciruelo silvestre, ciruelo cultivado de abril a mayo, ciruelo intermedio y ciruelo cultivado de septiembre a noviembre, ubicadas en el Estado de Morelos; encontrando que la morfología floral del tipo "silvestre" se ajusta a las observaciones en otras especies dioicas, además de que existen diferencias fenológicas entre los diversos tipos estudiados. También Avitia (1997b) realiza otra investigación en los mismos tipos de ciruela mexicana, con relación a su estructura floral, dando una descripción de cada uno de los tipos.

En el manual de Flora de Costa Rica (www.spondias.com), se encuentran algunas descripciones de *Spondias mombin* y *Spondias purpurea*. En el caso de *S. mombin*, hay descripciones por Kernan (1988) en Puntarenas, Península de Osa; Hammel (1992) en Puntarenas Península de Osa; Gómez (1988) en Puntarenas Valle de Coto Colorado; Harmon (1990) en Puntarenas, Faja Costeña del Valle de Parrita; Morales (1992) en San José, Cerros de Puriscal; Jiménez (1993), San José, Valle de Tárcoles; Gentry (1993) en Puntarenas, Garabito, Valle de Tárcoles; Rodríguez (1994) en Guanacaste, Península de Nicoya; Jiménez (1995) en San José, Mora, Valle de Tárcoles. Para *S. purpurea*: Kernan (1988) en Puntarenas, Península de Osa; Grayum (1988) en San José Valle Central; Morales (1992) en San José, cerros de Puriscal; Ramírez (1991) y Jiménez (1994) en San José, Valle de Tárcoles.

2.3.1. Distribución de la ciruela *Spondias*

La ciruela *Spondias* nativa de los trópicos calientes secos de América Central; se cree que se expandió por las Antillas y el resto de América del Sur y posteriormente fue llevado de México a Filipinas (Axáyacatl-Cuevas, 1992; Bailey, 1949). Las poblaciones silvestres crecen en áreas subtropicales desde Sinaloa, México hasta Colombia y en altitudes desde el nivel del mar hasta 2,000 msnm

(Pennington y Sarukhan 1968; Axayacatl-Cuevas, 1992); es una especie común de la vegetación secundaria de muchos tipos de selvas altas y medianas subcaducifolias, con una amplia distribución en toda la zona cálida-húmeda en México. También se encuentra en Perú y Brasil, particularmente en zonas áridas, en altitudes de 1700 a 1800 msnm y ha sido introducida al Viejo Mundo (Little, et. al., 1967; León y Shaw, 1990).

La distribución de este frutal en el país es prácticamente en todo el territorio; algunos autores mencionan que se encuentra en 27 entidades federativas (Anónimo, 1968; Avitia, 1997b), mientras que otros aseguran que son 21 estados (Kosterman, 1991; Anónimo, 1996). En el Estado de Michoacán destacan como productores de ciruela *Spondias* los municipios de Aguililla, Apatzingan, Huetamo, Parácuaro, Tacámbaro, Tzitzio, entre otros (Aguilar, 1998).

2.3.2. Requerimientos ambientales de la ciruela *Spondias*

Se desarrollan en climas calientes húmedos o secos semiáridos y en alturas inferiores a 2000 msnm (Mortón, 1987). Se considera que la temperatura óptima de desarrollo es de 24.5 ° C, aunque prospera bien en el rango de 19 a 29 ° C de temperatura media anual. Puede soportar temperaturas bajas por cortos períodos y extremos de 0 y 40 ° C. En lo referente a la necesidad de agua, la ciruela se encuentra en lugares con una precipitación de 500 a 1600 mm. Es un árbol con alta resistencia a la sequía, puede desarrollarse a suelos arenosos, pedregosos, calcáreos y hasta salinos; aunque también presenta muy buena respuesta en suelos ricos y bien drenados, con pH ligeramente ácidos (Mortón, 1987; Axayacatl-Cuevas, 1992).

2.3.3. Importancia de la ciruela *Spondias*

La ciruela *Spondias* es importante económica y culturalmente en el territorio nacional, ya que juega un eminente papel en la conservación de la agricultura,

cultivo, manejo de la tierra y la estabilidad del suelo, en algunos lugares es frecuente ver a este género como cerca viva para delimitar terrenos (Niembro, 1990).

Es un frutal de gran tradición y de usos múltiples, con valores nutritivos altos, amplia distribución, amplia variabilidad genética por el proceso de selección y domesticación humana. Además, su cultivo es de bajo costo y no necesita de fertilizantes comerciales (Bárcena, 1985; Colunga y May, 1992; Terán y Rasmussen, 1994).

Por otro lado, el cultivo de la ciruela ha tenido un desarrollo importante en México en los últimos años, ya que en 1990, la superficie sembrada fue de 9,053 ha y para 1995 aumentó a 11,476 ha. Michoacán ocupa el quinto lugar en superficie de siembra, después de los Estados de Chiapas, Puebla, Veracruz y Jalisco respectivamente, que son los más importantes tanto en superficie sembrada como en producción de ciruela (Anónimo, 1996). En 1996, Michoacán presentó una superficie sembrada de 818 ha con una producción de 5 512 toneladas. El incremento de la superficie de este cultivo, puede ser consecuencia del aumento de la demanda interna, por su uso en la preparación de bebidas fermentadas, vinos, jaleas, entre otros productos. Así, la importancia económica radica, en que es un cultivo que podría ser exportado y como consecuencia se lograría un mejor fortalecimiento económico en el país.

2.3.4. Usos de la ciruela *Spondias*

La ciruela *Spondias* se cultiva desde antes de la llegada de los españoles, es uno de los frutales Mesoamericanos por excelencia, como consecuencia presenta una infinidad de usos, como alimento, materia prima, medicamentos (Axayacatl-Cuevas, 1992).

Los brotes nuevos y las hojas se consumen crudos o cocinados como verdura. Los exudados del árbol han servido en América Central para hacer goma o

pegamento. La madera se utiliza como leña, en construcciones rurales, para cajas y embalajes, mangos para herramientas e implementos agrícolas, componentes de muebles, acabados de interiores, aserrio y carpintería en general. Se recomienda en la fabricación de palillos para dientes, abatelenguas, cabos para cerillos, palos de paletas y cucharas para nieve, así como en la construcción de muebles y para fabricar pulpa para papel (Niembro, 1990). Algunas veces, las cenizas se han utilizado para hacer jabones. Las hojas son fácilmente consumidas por las cabras y con los frutos se alimentan los cerdos y el ganado (Mortón, 1987).

El fruto del ciruelo es muy apreciado como complemento alimenticio; se consume principalmente en fresco y se comercializan en los principales mercados del país; en algunas regiones los frutos se hierven y se conservan o se deshidratan en el sol (orejones) para consumo posterior. En Sinaloa, México, para su industrialización se emplean 4 procesos: ciruela pasa con sal, ciruela pasa sin sal, negra dulce y cristalina dulce (Anónimo, 1972). El jugo de los frutos cocinados produce una jalea y también se usan para hacer bebidas fermentadas (chichas), vinos, licores, bebidas frías o vinagres (Rzedowsky y Rzedowsky, 1985; Mortón, 1987; Lawrence, 1989; León y Shaw, 1990). En México, los frutos inmaduros se adicionan a los frijoles; se encurten en vinagre para consumirse con sal y chile, o se usan para hacer atoles, pasteles y salsas verde (Arreola, 1998).

En México, los frutos son usados como diuréticos y antiespasmódicos (Steyemark, 1926; Niembro, 1990). El extracto de frutos cocidos se usa para lavar heridas y sanar inflamaciones. Un jarabe preparado del fruto se usa para curar diarreas crónicas. El extracto de corteza cocida es un remedio para la roña, disentería y para la flatulencia de niños causada por gas intestinal. En Filipinas, la savia de la corteza se usa para tratar estomatitis en niños, El extracto de corteza y hojas cocidas es utilizado como febrífugo. Las resinas del árbol mezcladas con jugo de piña o de guanabana se usa para tratar ictericia (Mortón, 1987). En el sureste de Nigeria, una infusión de hojas fragmentadas es valiosa para lavar heridas, inflamaciones y quemaduras. Investigaciones en la Universidad de Ife, Nigeria, se ha demostrado que

es un extracto acuoso de hojas y que tiene acción antibacterial y un extracto alcohólico que es aún más efectivo (Ajao, et. al., 1985).

2.3.5. Nombres populares del género *Spondias*

La ciruela *Spondias* en el trópico americano recibe los siguientes nombres:

Inglés: red mombin, spanish plum, jamaica plum (Estados Unidos).

Portugués: caja vermelha (Brasil).

Español: ciruela hobo (Colombia), jocote (Guatemala y Honduras); ciruela roja, ciruela de hueso, jocote y ciruelo colorado, son los nombres más comunes en México (Ochse, et. al., 1965).

La importancia botánica de la ciruela del género *Spondias* está estrechamente relacionada con la distribución de este frutal en México, ya que como se mencionó anteriormente, se encuentra en 21 estados, esto se ve reflejado en la gran cantidad de nombres existentes en algunos estados. Pero cabe mencionar que el número de especies y/o fenotipos de plantas que existen en todo el territorio mexicano no se han determinado con precisión, tanto porque quedan especies por descubrir como porque sin intención, algunas de ellas han sido designadas y descritas más de una vez. Por lo que en este apartado no se incluyen todos los nombres populares, sino únicamente los que han llegado al conocimiento de los investigadores, de las dos especies más conocidas *Spondias purpurea* y *Spondias mombin*.

Nombres populares de la especie *Spondias purpurea* de acuerdo a la región y estado donde se encuentran:

NOMBRE	REGIÓN
Chatsutsoco-scatan	lengua totonaca, región de El Tajin, Ver.
Tsusocostata	lengua totonaca, región de El Tajin, Ver.

NOMBRE	REGIÓN
Smucuco-scatan	lengua totonaca, región de El Tajín, Ver.
Ciruelo campechana	Veracruz, Chiapas y Yucatán.
Huitzá	lengua zoque, Tuxtla Guitiérrez, Chis.
Jocote	Oaxaca, Tabasco y Chiapas.
Jondura	Pichucalco, Chiapas.
Poon	Norte de Comitán, Chiapas.
Biaxhi	lengua zapoteca, Oaxaca.
Biadxi	lengua zapoteca, Oaxaca.
Biagi	lengua zapoteca, Oaxaca.
Yaga-piache	lengua zapoteca, Oaxaca.
Atoyaxócotl	lengua azteca, nombre desusado citado por Sahagún.
Mazaxócotl	lengua azteca, nombre desusado citado por Sahagún.
Chack-abal	lengua maya, Yucatán.
Ix-houen	lengua maya, Yucatán.
Chi-abal	lengua maya, Yucatán.
Kosumil muluch-abal	lengua maya, Yucatán.
Hondura	-----
Ciruelo de San Juan	Yucatán.
Cuaripá	lengua huichol, Jalisco.
Shuiutipíchic	lengua populca, Sayula, Ver.
Maui	lengua chinanteca, Comaltepec, Oax.
Shinzá	lengua chontal, Oaxaca.
El-shimolo-shindzá	lengua chontal, Oaxaca.
Cundaria	Oaxaca.
Tún	lengua mixe, San Juan Camotlán, Oax.
Tuxpana	Tabasco.
Cupú	lengua tarasca, Michoacán.

NOMBRE	REGIÓN
Ciruelo cimarrón	una forma silvestre, Jalapa, Córdoba y Orizaba, Veracruz.
Ten	lengua huasteca, sureste de San Luis Potosí.

Nombres populares de la especie *Spondias mombin*.

NOMBRE	REGIÓN
Jobo	Nombre generalmente usado en los estados del Sur.
Ciruella amarilla	Yucatán.
Kan-abal	lengua maya, Yucatán.
K'ank'an-abal	lengua maya, Yucatán.
Xkinin-hobo	lengua maya, Yucatán.
Pompocua	lengua tarasca, Michoacán.
Popocua	lengua tarasca, Michoacán.
Cazticxócotl	lengua azteca.
Jobo espinoso	-----
Jobo roñoso	Tabasco.
Ciruelo obo	Oaxaca.
Obo de zopilote	Oaxaca.
Hobo de monte	Oaxaca.
Lului	-----
Luluchotz	El Real, Chiapas.
Shipá	lengua totonaca, el Tajín, Veracruz.
Tu-turi	lengua chontal, Oaxaca.
Maxpill	lengua mixe, Comatlán Oaxaca.

NOMBRE	REGIÓN
Ciruelo mango	Puebla.
Moma	lengua zapoteca, Oaxaca.
Mombin	Yucatán.
Quinin	lengua huasteca, sureste de San Luis Potosí.

Otras especies con los siguientes nombres:

NOMBRE	REGIÓN
Biache	lengua zapoteca, Oaxaca.
Piache	lengua zapoteca, Oaxaca.
Yaga biache	lengua zapoteca, Oaxaca.
Yaga yeche	lengua zapoteca, Oaxaca.
Yaga piache	lengua zapoteca, Oaxaca.
Yaga reje	lengua zapoteca, Oaxaca.
Yetzelo	lengua zapoteca, Oaxaca.
Skatan	lengua totonaca de la Sierra Norte, Puebla.

Algunas variedades de *Spondias purpurea* con los nombres de:

NOMBRE	REGIÓN
Catzuhuitzó	Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
Putzahuitzó	Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
Jocote agrio	Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
Jocote de caballo	Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
Poihuitzó	Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Existen otros nombres como: huhub, ixjoowen, kar-abal, xiabal, xuntura, abal, hobo, jujiabal, jajaál aba, etc. Lo anterior citado por Souza-Novelo, 1949; Martínez, 1969; Barrera, et al., 1976; Martínez, 1979; Mendieta y Del Olmo, 1981; León y Shaw, 1990; Inés, 1991; Caballero, 1992; Colunga y May, 1992; Ortega, et al., 1993; Terán y Rasmussen, 1994.

2.3.6. Variedades de *Spondias purpurea* L.

En Guatemala se ha encontrado de 8 a 10 variedades de *Spondias purpurea*, entre las más conocidas están, jocote tronador, jocote de corona, considerada como la mejor de todas, jocote de iguana, zamurate, jocote amarillo, San Jacinto, jocote agrio, pitarillo y jocotillo (Standley y Steyemark, 1949). Por otro lado, Souza-Novelo (1949), así como Rojas y Sanders (1985), aseveran que en la actualidad se conocen cerca de 20 variedades que se cultivan en los huertos familiares de la Península de Yucatán. En la costa del golfo de México, existen más de 20 variedades. Mientras que en la zona de estudio, Tzitzio, Michoacán se cree que existen alrededor de 15 fenotipos de ciruela *Spondias*, debido a la selección que se viene realizando desde hace mucho tiempo, sin embargo, existen más de 250 000 árboles de seis fenotipos diferentes (Arreola, 1998).

2.4. Generalidades sobre fenología

La fenología es el estudio de la aparición estacional de los diferentes eventos a lo largo del ciclo de vida de los seres vivos (Rathcke y Lacey, 1985) y su relación con las condiciones ambientales, tales como la temperatura, luz, humedad. Empero, estos elementos del clima están determinados casi íntegramente, por la latitud, altura sobre el nivel del mar y la distancia a los mares (De Fina y Ravelo, 1973). Los eventos fenológicos que son considerados incluyen la germinación, el establecimiento de plántulas, floración, foliación, polinización, fructificación y la dispersión y/o la depredación de frutos y semilla (Rathcke y Lacey, 1985). Se presupone que la

aparición de los estadios fenológicos se da como respuesta a los factores ambientales, es decir, que son moldeados por acción de la selección natural y solo pocos autores han considerado la existencia de un componente histórico que determine la fenología (constricción o inercia filogenética) que está relacionado con la fenología de la floración (Kochmer y Handel, 1986; Rathcke y Lacey, 1985; Ollerton y Lack, 1992). Este tipo de estudios aporta elementos de juicio confiable para determinar la regionalización frutícola de una entidad, señalándose localidades y especies con mayor porcentaje de éxito, ya que con esta información precisa y clara se puede llevar a cabo políticas de desarrollo frutícola acordes a la realidad y dar a conocer el verdadero potencial de una región en esta actividad productiva (Damián, et al., 1999).

La información sobre patrones fenológicos de *Spondias*, son poco estudiadas en México, en la actualidad. Particularmente, se encuentran estudios realizados en Asia tropical (Airy y Forman, 1967), América del Sur y América Central (León y Shaw, 1990); en Guatemala (Standley y Steyemark, 1949); en Morelos, México (Avitia, 1997a), Yucatán (Souza-Novelo, 1949).

2.5. Filogenia

Tanto en el pasado como en el presente, una gran parte de los botánicos y de los zoólogos se han dedicado a relacionar unos taxones con otros a todos los niveles taxonómicos. Esto ha conducido a la independización de una rama de estudio dedicada a la filogenia. Debido a que todos los taxones, con la excepción de los más antiguos, han derivado obviamente de organismos previamente existentes, en la práctica es imposible tratar de los orígenes de un grupo o especie sin estudiar las interrelaciones entre unos taxones y otros dentro de una serie evolutiva. Estas interrelaciones se denominan relaciones filogenéticas. Es axiomático que debido a que la evolución es la clave de la filogenia, un esquema completo de las interrelaciones filogenéticas, trazado a un nivel por encima del de las especies, debe basarse solamente en el registro fósil. Entre los ejemplos de serie evolutivas bien documentadas se encuentran la del caballo en el reino animal y en el vegetal, el de los

órganos ovulíferos de los coniferófitos. Desafortunadamente, en el reino de las plantas son raros los buenos ejemplos de serie evolutivas. Ello es principalmente debido a que las plantas tienen un sistema de crecimiento abierto, y poseen elementos estructurales que son más delicados que las partes esqueléticas de los animales. Además, las plantas tienden a fragmentarse y a deshacerse, antes de que se presente la posibilidad de la fosilización, por lo que de ellas se encuentran principalmente órganos o simples fragmentos en lugar de plantas completas. Como resultado de insuficiencia general de la información paleontológica, los botánicos especializados en el estudio de hongos, algas, briofitas y angiospermas, se han inclinado fuertemente hacia el estudio de las características estructurales y fisiológicas de los organismos actuales, con vistas a determinar su filogenia. Por lo que un gran número de botánicos sistemáticos está empeñado en intentar establecer clasificaciones fenéticas y filogenéticas. Las ideas básicas seguidas y los métodos empleados han sido investigados a fondo por Sokal y Sneath (1963). Estos autores establecen una clara distinción entre las clasificaciones fenéticas y las filogenéticas, y señalan que debe ponerse un especial cuidado al intentar pasar de una clasificación fenética a una filogenética en ausencia de registro fósil. Al intentar establecer una serie fenética, es importante para el investigador localizar y emplear tantas características distintas y tantas líneas de evidencia como sea posible, para poner de manifiesto las similitudes o diferencias entre los taxones (Heywood, 1969). Entre ellas, las características morfológicas, como el número, tamaño, forma, color, ornamentación y apéndices; características anatómicas, como xilema, floema y estructuras del pecíolo; anatomía foliar, en la cual se comprende la estructura y disposición de las células epidérmicas, las células estomáticas y los tricomas; la anatomía de las partes florales; la morfología del polen y de las esporas, características y procesos embriológicos; características citológicas y citogenéticas; y factores bioquímicos y fisiológicos (Scagel, et al., 1980).

Pero la mente humana ha encontrado dificultades para tabular y procesar grandes números de caracteres sin favorecer un aspecto u otro. La subjetividad comparativa del acercamiento tradicional y la incapacidad de los taxónomos para

compartir uno a otro la naturaleza de sus procedimientos ha contribuido para hacer la taxonomía más un arte que ciencia. Por lo que el arribo de las computadoras ha tenido verdaderamente una fuerza principal tras la gradual adopción de un acercamiento operacional en la taxonomía. Algunos de los procedimientos de la taxonomía fueron desarrollados a principios de este siglo. Pero hasta la introducción de las computadoras digitales ellos nunca fueron retomados, presumiblemente por causa de dificultades computacionales insuperables. El origen filosófico del desarrollo presente de la taxonomía deriva del trabajo de Michael Adanson, un botánico francés del siglo XVIII, quien primero rechaza un postulado a priori de la importancia de caracteres diferentes basados en taxa y propone basado en taxa naturales su concepto esencialmente fenético de "afinidad". El desarrollo reciente de la taxonomía numérica comienza con las casi simultáneas publicaciones en 1957 de trabajos propugnado por este método de parte de Peter H. A. Sneath, un microbiólogo botánico, y por Charles D. Michener y Robert Sokal, ambos entomólogos en la Universidad de Kansas. Además dos estudios independientes por investigadores en la Universidad de Oxford y en el Jardín Botánico de Nueva York en 1958 y 1960. Desde entonces la literatura y el número de trabajos en el campo han crecido rápidamente. La última recopilación fue de al menos 200 trabajos publicados sobre taxonomía numérica, con más de 60 trabajos aplicando la taxonomía numérica a diversos grupos de organismos (Sokal, y Sneath, 1963). Así que la taxonomía numérica se ha definido como la "evolución numérica de la afinidad o similitud entre unidades taxonómicas y la ordenación de estas unidades en taxa, con base a sus afinidades" (Sokal, 1973; Rivas, et. al., 1979).

2.6. Electroforesis

Numerosos estudios realizados con electroforesis en las últimas tres décadas han considerado una gran cantidad de variación genética existentes en las poblaciones. La variación genética total encontrada dentro de las especies puede dividirse en regiones, poblaciones e individuos dentro de las poblaciones. A través del estudio de la variación genética se puede tener una aproximación de la acción conjunta de la mutación, la migración, la selección y la deriva génica sobre las

características ecológicas, el tamaño de la población, los sistemas de apareamiento y los mecanismos de dispersión de polen y de semillas (Izquierdo, 1995). Por tal motivo, las técnicas de electroforesis son de un valor trascendental para apoyar los resultados morfológicos y tener una contundencia mayor en los resultados.

Se citan dos ejemplos en donde se utilizan las técnicas de electroforesis para determinar la variación genética en diferentes plantas como en el género *Betula* y en el subgénero *Podaechmea* (Bromeliaceae), ya que en el género *Spondias*, no existen trabajos donde se comparen los niveles de variación genética, sin embargo se tiene el conocimiento de uno que se está realizando en 20 cultivares diferentes de *Spondias purpurea* en el Estado de Yucatán (Fonseca, 1998).

Howland, et. al. (1995) trabajaron con variación molecular dentro de las poblaciones naturales morfológicamente de *Betula pendula* Roth (diploide) y *Betula pubescens* Ehrh (tetraploide) usando técnicas de RFLP (restricción de fragmentos largos) y RAPD (amplificación al azar de ADN). El análisis de RFLP y RNAr presentaron un alto grado de polimorfismo dentro y entre individuos de ambos citotipos en espacios largos de variación. El análisis de fragmentos de DNA genómicos amplificados azarosamente, dentro de una población presentaron pequeñas diferencias entre citotipos. En poblaciones del este Anglo, *Betula* diploide y tetraploide no presentaron diferencias en las bases de caracteres morfológicos ni en los moleculares.

Izquierdo (1995) estima y compara los niveles de variación genética intra e interespecíficos, utilizando técnicas de electroforesis en 4 especies pertenecientes al subgénero *Podaechmea*, (Bromeliaceae), con distribuciones geográficas contrastantes: *Aechmea mexicana*, *A. lueddemanniana* de amplia distribución, *A. macvaughii* y *A. tuitensis*, endémicas extremas. Los niveles de variación genética presentes en *Aechmea mexicana* son moderadamente bajos y están alrededor a las encontradas, en especies con este mismo tipo de características. *A. lueddemanniana*

presentó valores un poco más altos que *A. macvaughii* y *A. tuitensis*, los cuales presentaron una mayor diversidad genética.

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

3.1.1. Caracterizar seis fenotipos de ciruela del género *Spondias* con importancia económica en el Municipio de Tzitzio, Michoacán.

3.2. Objetivos particulares

3.2.1. Describir la morfología y los patrones electroforéticos de cada uno de los fenotipos de ciruela *Spondias*.

3.2.2. Evaluar la variación morfológica a través de los caracteres, presencia o ausencia, de los diferentes fenotipos de ciruela *Spondias*.

3.2.3. Establecer las relaciones filogenéticas entre los fenotipos de ciruela *Spondias* a través de un fenograma.

3.2.4. Determinar el comportamiento fenológico de los fenotipos de *Spondias*.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Descripción de la zona de estudio

4.1.1. Situación geográfica

El área donde se realizó la presente investigación se ubica en la Cofradía, que se encuentra dentro de los límites del Municipio de Tzitzio, Michoacán. El Municipio se localiza al noreste del estado, dentro de la Región Norte de Tierra Caliente, en las coordenadas 19° 35' latitud norte y 100° 56' de longitud oeste a una altura de 1540 msnm (Figura No.1). Su superficie es de 906.58 km. Limita al norte con Charo, Indaparapeo y Queréndaro; al oeste con Hidalgo, Tuzantla; al sur con Tiquicheo; al oeste con Madero y Morelia. El municipio se divide en 245 localidades, siendo algunas de ellas Agua caliente, Banco de Oro, Caimán, Changungal, El Capiro, El Tecolote, Iranche, Jahuical, La Colmena, Magueyal, Parajes, Salsipuedes. Específicamente, la Cofradía se encuentra ubicada en los 100° 54' 56" de longitud oeste y 19° 38' 29" de latitud norte a una altura de 1800 msnm (Cetenal, 1976; INEGI, 1993; 1998).

4.1.2. Fisiografía

El municipio de Tzitzio, se encuentra en la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre del Sur en la subprovincia de la Depresión del Balsas, abarcando 17.23% de la superficie estatal. El relieve lo conforma el Sistema Volcánico Transversal y los Cerros La Bufa, Fraile, Guadalupe, Pelón y Metate (INEGI, 1993; 1998).

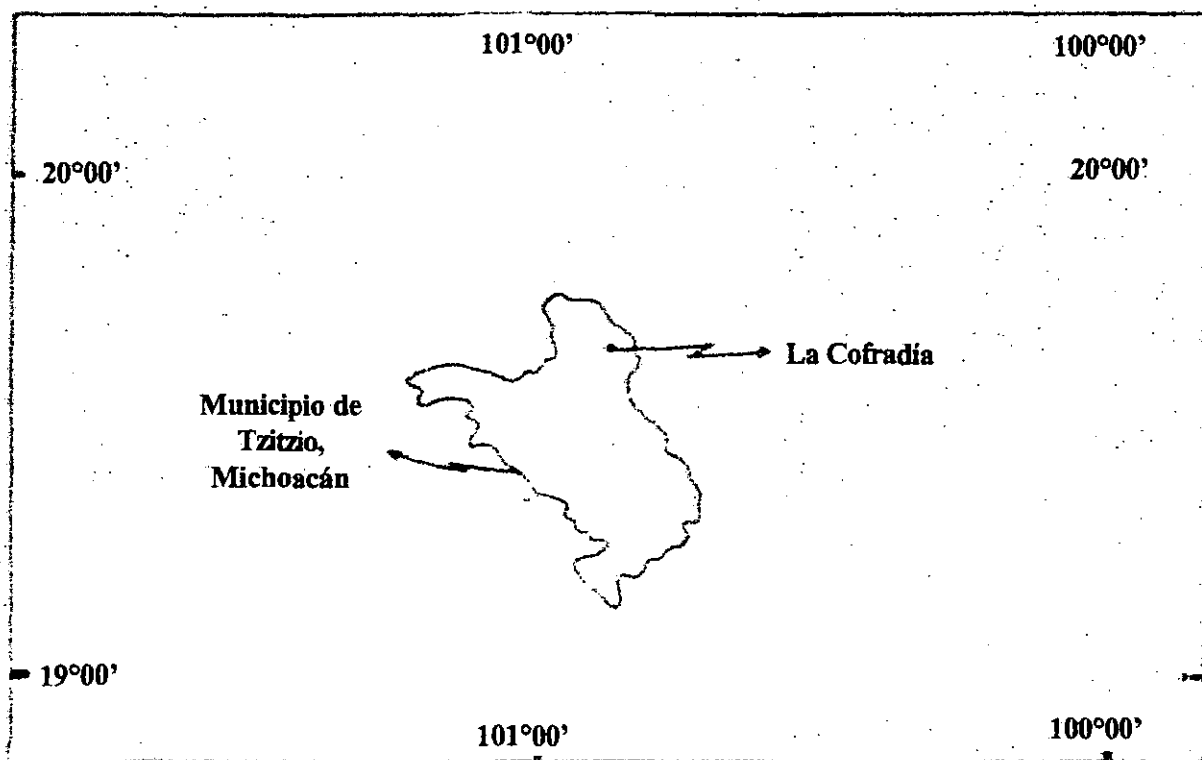
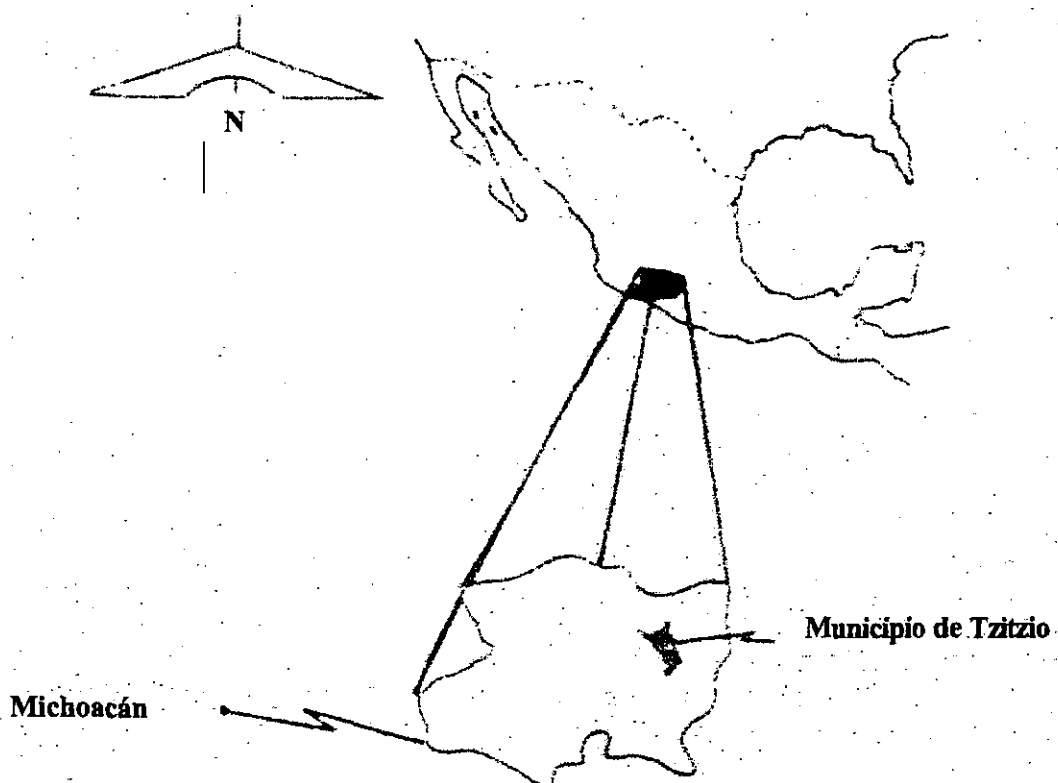


Figura No. 1. Ubicación de la zona de estudio.

4.1.3. Clima

El clima es C(w) templado subhúmedo con lluvias en verano y ACw semicálido con lluvias en verano; con una temperatura promedio de 20.8 °C., en el año más frío y el más caluroso de 22.7 °C (INEGI, 1993; 1998).

4.1.4. Precipitación

Se presenta una precipitación pluvial anual de 1,397.3 mm³ en el municipio de Tzitzio. La precipitación del año más seco fue de 850.9 mm³, y la del año más lluvioso fue de 1,348 mm³. En general, la precipitación se presenta de manera irregular, siendo febrero y marzo los meses de mínima precipitación y junio y julio los meses más lluviosos (INEGI, 1993; 1998).

4.1.5. Hidrología

La zona de estudio se encuentra en la región del Balsas dentro de la Cuenca Cutzamala; se constituye principalmente por los ríos Chinapa, Paso Ancho y San Carlos, además de arroyos tributarios (INEGI, 1993; 1998).

4.1.6. Geología

Los suelos en el municipio de Tzitzio, datan de los periodos Cenozoico, Terciario Superior y Mesozoico; corresponden principalmente a los del tipo: acrisol húmico + acrisol órtico + andosol húmico, con clase textural media, brecha volcánica andesita (Cetenal, 1978; 1979; INEGI, 1993; 1998).

4.1.7. Agricultura y Vegetación

Las principales comunidades vegetales que se reportan en el municipio son:

Bosque de *Quercus rugosa* (encino quebranco)

Bosque de *Pinus oocarpa* (ocote trompillo)

Pastizal de *Aristida* sp. (zacate tres barbas)

Boutelova sp. (navajita)

Andropogon sp. (zacate amarillo).

De acuerdo a la clasificación de Rzedowsky (1963 y 1988) La Cofradia se encuentra en un Bosque Tropical Caducifolio, se caracteriza por la dominancia del género *Bursera morelensis*, *Bursera longipes*, *B. fagaroides*, *B. lancifolia*, *B. copallifera*, *B. glabrifolia*, *B. submoniliforme*, *B. bipinnata*, *Lysolima microphylla*, *Ceiba parvifolia*, *Pseudosmodingium perniciosum*, *Amphipterygium* sp. *Cyrtocarpa procera*, *Mimosa hemiendyta* y de este género, además de una gran variedad de herbáceas.

En el Municipio de Tzitzio, se produce principalmente la ciruela (*Spondias purpurea*), mango (*Mangifera indica*), zapote negro (*Diospyros dygina*), plátano (*Musa sapientum*), limón mexicano (*Citrus aurantiifolia*), aguacate (*Persea americana*) (Cetenal, 1983; INEGI, 1993).

4.1.8. Fauna

Esta representada por coyote (*Canis latrans*), ardilla (*Sciuris vulgaris*), zorrillo (*Mephitis bicolor*, *M. macroura* y *M. interrupta*), liebre (*Lepus callotis*), tucuache (*Didelphis* sp), paloma (*Columba* sp) (INEGI, 1988; 1993).

4.2. Material Vegetativo

La realización del estudio se llevó a cabo en una huerta comercial, de una edad aproximada de 25 años, propiedad del Sr. Andrés Arreola. De esta huerta fueron seleccionados un total de 18 árboles, pertenecientes a 6 fenotipos de ciruela *Spondias*: amarilla, gorda, negra, redonda, roja y güingure, conocidas así por los productores. Los ejemplares colectados fueron depositados en el Herbario IZTA, de la UNAM Campus Iztacala.

4.3. Variables de estudio

Las variables de estudio que se consideraron para la caracterización de los 6 fenotipos de ciruela *Spondias* se encuentran en el Apéndice A.

4.4. MÉTODOS

A cada uno de los árboles de ciruela *Spondias* seleccionados se les marcó una letra de identificación, con pintura. La revisión de los mismos, se realizó cada quince días, durante un año (1998). De enero a octubre del mismo año, se tomaron muestras de inflorescencias, flores, frutos, semillas y hojas, para determinar la morfología.

El patrón de nervación, tipo de ápice, tipo de borde de la hoja, forma de la hoja; posición de la inflorescencia; tipo de prefloración, simetría de la flor, tipo de flor, sexo de la flor; tipo de cáliz, aspecto general de cáliz, la morfología externa del cáliz, la duración del cáliz, la forma del sépalo; el tipo de corola, la forma de la corola, la morfología externa de la corola, la forma de los pétalos; el tipo de estambre, la forma de la antera, inserción de la antera, orientación de la antera, tipo de dehiscencia; el tipo de gineceo, forma del gineceo, la forma del ovario, la posición del ovario, tipo de placentación, fórmula del óvulo y forma de la semilla, se determinaron en base a comparación con lo propuesto por Bailey, 1949; Gola, et. al., 1965; Porter, 1967; Radfort, et al., 1974; Strasburger, et. al., 1985; Villarreal, 1993).

4.4.1. Árbol

4.4.1.1. Hábito de crecimiento: se obtuvo observando la disposición del tallo, considerando la altura de la planta y el tipo de ramificación en cada uno de los diferentes fenotipos en estudio.

4.4.1.2. Forma del árbol: se determinó observando el crecimiento del organismo.

4.4.1.3. Altura del árbol: se obtuvo colocándolo en una posición central una madera de medida conocida, considerando la base del árbol hasta la punta de la ramificación más alta.

4.4.1.4. Copa del árbol: se determinó observando su forma natural, y la distribución de las ramas.

4.4.2. Tallo

4.4.2.1. Textura del tallo: se determinó directamente por contacto y apariencia física.

4.4.2.2. Color del tallo: se determinó en campo de manera visual.

4.4.2.3. Patrón de ramificación del tallo: se determinó observando la distribución de las ramas primarias, secundarias, y terciarias para cada uno de los fenotipos de ciruela.

4.4.2.4. Tipo de tallo: se obtuvo observando la forma en que crece el tallo.

4.4.2.5. Tamaño del tallo: el tallo se dividió en tres partes: parte basal, parte media y parte superior, las cuales se midieron y posteriormente se obtuvo un promedio. La longitud se obtuvo midiendo el tallo hasta antes de la bifurcación.

4.4.3. Hoja

- 4.4.3.1. Tipo de hoja: se determinó de acuerdo al número par o impar de pinas, considerando si el limbo se encuentra dividido o segmentado, esto se realizó en 20 ramas.
- 4.4.3.2. Patrón de nervación: se determinó de acuerdo a la manera en que la lámina foliar recorre los haces vasculares y su patrón de distribución, en 50 hojas para cada fenotipo.
- 4.4.3.3. Posición de la hoja en el tallo: se determinó de acuerdo a la posición que tienen las hojas respecto al tallo, en 20 ramas en cada uno de los fenotipos.
- 4.4.3.4. Tipo de ápice de la hoja: se obtuvo de acuerdo a la forma del ápice de la hoja, en 50 hojas de cada uno de los fenotipos de ciruela.
- 4.4.3.5. Tipo de base: se determinó de acuerdo a la forma de la base de la hoja, se consideraron 50 hojas para cada fenotipo.
- 4.4.3.6. Tipo de borde: se realizó observando la forma que presenta el borde de la hoja, en 50 hojas de los diferentes fenotipos de ciruela.
- 4.4.3.7. Forma de la hoja: se determinó de acuerdo a la forma general que presenta la hoja, en 50 hojas en cada fenotipo de ciruela.
- 4.4.3.8. Color de la hoja: se obtuvo por observación visual.
- 4.4.3.9. Tamaño de la hoja: el ancho de la hoja se determinó midiendo con un vernier la parte media; la longitud se midió de la base de la estípula al ápice de la hoja.

4.4.3.10. Pares de folíolos: se contaron los pares de folíolos por rama, esto se realizó en 50 ramas para cada fenotipo.

4.4.3.11. Peciolos y estípulas: se determinó la presencia o ausencia de éstos.

4.4.4. Inflorescencias

4.4.4.1. Tipo de inflorescencia: se obtuvo considerando el arreglo que tienen las flores en las ramas.

4.4.4.2. Tamaño de la inflorescencia: se determinó midiendo con un vernier, desde el pedúnculo hasta la flor principal de toda la inflorescencia, en 50 inflorescencias para cada fenotipo.

4.4.4.3. Posición de la inflorescencia: para la determinación de la posición de la inflorescencia se consideró a las ramas donde se encuentren dichas inflorescencias.

4.4.5. Características del cáliz

4.4.5.1. Tipo de cáliz: se consideró la posición de los sépalos, es decir, si están libres o soldados, se realizó en 50 flores para cada fenotipo.

4.4.5.2. Aspecto general del cáliz: se determinó observando al microscopio las características del sépalo, es decir, si es glabro, piloso o glanduloso, en 50 flores en cada fenotipo.

4.4.5.3. Morfología externa del cáliz: se determinó de acuerdo a la forma general del cáliz.

4.4.5.4. Duración del cáliz: se determinó en 50 flores de cada uno de los fenotipos de ciruela, considerando en que momento se desprende el cáliz, si antes de abrirse la flor o si se cae juntamente con la corola, o que se transforme en un órgano membranoso.

4.4.5.5. Número de sépalos: se colectaron 50 flores en las cuales se cuantificó el número de estructuras.

4.4.5.6. Forma del sépalo: se obtuvo de acuerdo a la forma general que presentan los sépalos, esto se realizó en 50 flores de los diferentes fenotipos de ciruela.

4.4.5.7. Color del sépalo: se determinó en campo (fresco), para evitar alteraciones, de acuerdo a las tablas de Munsell, los cuales fueron expresados por un número y un código de letras, en función de tres elementos básicos que son:

-Matiz o tono (hue): es la longitud de onda o color espectral dominante, es decir, el color primario de la luz. Varía de 10R (100% de rojo) hasta 5Y (75% amarillo y 25% de rojo).

-Brillo (value): se refiere a la brillantez relativa del color en función de la cantidad total de luz. Aumenta en magnitud de los colores oscuros a los claros, siendo el 0/ el valor del negro y 10/ el del blanco.

-Saturación o pureza (chroma): es la puerza del color o la pureza de la longitud de onda dominante. Aumenta conforme disminuye el gris o las proporciones de la luz blanca. Un chroma de /0 corresponde al gris, blanco y negros puros (Munsell Soil Color Charts, 1975).

4.4.5.8. Tamaño del sépalo: el ancho se midió con un vernier, de la parte media del sépalo, la longitud se midió desde la base hasta el ápice del sépalo, en 50 flores para cada fenotipo de ciruela *Spondias*.

4.4.6. Flor

- 4.4.6.1. Tipo de prefloración: se observó la manera en que se disponen los sépalos y los pétalos. Esto se realizó cuando la flor se encontró abierta, se hizo en 50 flores para cada fenotipo.
- 4.4.6.2. Simetría de la flor: se consideró si la corola presenta pétalos de igual tamaño, distribución uniforme que permita que la flor pueda ser dividida en dos o más puntos imaginarios o que no presente lo anterior. La simetría se realizó en 50 flores para cada uno de los fenotipos de ciruela.
- 4.4.6.3. Tipo de flor: se determinó de acuerdo a la simetría de la flor.
- 4.4.6.4. Sexo de la flor: depende de la presencia de los últimos verticilos florales. Se observará en 50 flores de cada uno de los fenotipos de ciruela, las flores fueron cortadas en diferentes posiciones de la panícula.
- 4.4.6.5. Tamaño de la flor: se midió con un vernier, desde el pedúnculo hasta el ápice de los pétalos, en 50 flores para cada uno de los fenotipos de ciruela.
- 4.4.6.6. Color de la flor: se obtuvo de forma visual, en 50 flores por fenotipo.
- 4.4.6.7. Promedio de flores por racimo: se contó el número de flores que se encontraban en cada uno de los racimos y posteriormente se sacó un promedio.
- 4.4.6.8. Tipo de corola: al igual que el cáliz se determinó si los pétalos se encontraban separados o soldados, en 30 flores para cada fenotipo diferente de ciruela.

4.4.6.9. Forma de la corola: se determinó de acuerdo a la forma general que presenta la corola.

4.4.6.10. Morfología externa de la corola: se hizo con relación a los pétalos, si son iguales entre sí y, simétricos respecto a un eje. Se realizó en 50 flores para cada fenotipo de ciruela.

4.4.6.11. Número de pétalos: se cuantificó el número de estas estructuras en 50 flores de cada fenotipo.

4.4.6.12. Forma de los pétalos: se determinó la forma que presentan los pétalos.

4.4.6.13. Color de los pétalos: se determinó en fresco de acuerdo a las tablas de Munsell, en 50 flores para cada fenotipo.

4.4.6.14. Tamaño de los pétalos: con un vernier se midió la parte media del pétalo para obtener el ancho y la longitud se determinó midiendo desde la base al ápice del pétalo, en 50 flores en cada uno de los fenotipos de ciruela.

4.4.7. Androceo

4.4.7.1. Número de estambres: en 50 flores en fresco se realizó la cuantificación de los estambres.

4.4.7.2. Nombre dado por el número de estambres: como su nombre lo indica se obtuvo de acuerdo al número de estambres que se encontraron en una flor.

4.4.7.3. Tamaño de los estambres: la longitud se midió con un vernier desde la base del filamento al ápice de la antera, en 50 flores para cada fenotipo de ciruela.

- 4.4.7.4. Tipo de estambres: se determinó con relación a la forma y posición, en que se encuentran los estambres, en 30 flores por fenotipo.
- 4.4.7.5. Color de estambres: se realizó directamente por apariencia visual, en 20 flores de cada uno de los fenotipos de ciruela.
- 4.4.7.6. Relación entre el número de estambres y pétalos: se determinó de acuerdo al número de estambre y pétalos presentes en la flor, esto se realizó en 30 flores de cada fenotipo.
- 4.4.7.7. Forma de las anteras: se obtuvo de acuerdo a la forma general que presenta dicha estructura, en 30 flores para cada fenotipo.
- 4.4.7.8. Inserción de la antera: se realizó considerando la posición donde se inserta el filamento a la antera.
- 4.4.7.9. Orientación de las anteras: se determinó con relación a la posición hacia donde se dirigen las tecas con respecto a la flor, en 50 flores por fenotipo.
- 4.4.7.10. Tipo de dehiscencia: se determinó de acuerdo a la posición de la línea de apertura de la antera. Se observó en 50 flores para cada uno de los fenotipos de ciruela.
- 4.4.7.11. Tamaño de la antera: se midió el ancho en la parte media de la antera, la longitud se midió desde la base hasta el ápice de la misma. Esto se realizó en 20 flores en cada fenotipo de ciruela *Spondias*.
- 4.4.7.12. Tamaño del filamento: sólo se midió la longitud, desde la base hasta la inserción con la antera, en 30 flores por fenotipo.

4.4.8. Gineceo

- 4.4.8.1. Tipo de gineceo: se determinó de acuerdo a la forma que presente el gineceo, debido a como se encuentren los carpelos (soldados o libres), se observó en 50 flores en los diferentes fenotipos de ciruela.
- 4.4.8.2. Forma del gineceo: se obtuvo de acuerdo a la forma general que presenta esta estructura.
- 4.4.8.3. Tamaño del gineceo: se midió con un vernier, de la base del ovario a la parte superior del pistilo, en 50 flores para los 6 fenotipos de ciruela.
- 4.4.8.4. Color del disco: se determinó en fresco de acuerdo a las Tablas de Color de Munsell.
- 4.4.8.5. Tamaño del disco: se midió el diámetro y el ancho, con un vernier, posteriormente se sacó un promedio, se utilizaron 50 gineceos.
- 4.4.8.6. Tamaño del ovario: el diámetro se obtuvo midiendo con un vernier la parte media del ovario, y la longitud se midió de la base a la parte superior del ovario, se realizó en 50 ovarios de cada uno los diferentes fenotipos de ciruela.
- 4.4.8.7. Color del ovario: se determinó de acuerdo a las Tablas de Color de Munsell, en fresco y se utilizaron 30 gineceos.
- 4.4.8.8. Forma del ovario: se determinó de acuerdo a la forma general que presenta el ovario.

- 4.4.8.9. Posición del ovario: se determinó de acuerdo a la posición del ovario con respecto a la inserción de los demás verticilos florales, se observó en 50 flores en cada fenotipo.
- 4.4.8.10. Cavidades del ovario: se realizó un corte transversal en 50 ovarios para cada fenotipo y se cuantificó el número de cavidades.
- 4.4.8.11. Tipo de placentación: se realizó un corte transversal del ovario y se observó la placentación, determinándose de acuerdo a la posición de los carpelos, en 50 ovarios en cada fenotipo de ciruela *Spondias*.
- 4.4.8.12. Número de estigmas: se realizó un conteo en 50 gineceos para cada uno de los fenotipos.
- 4.4.8.13. Color de estigmas: se determinó de acuerdo a las Tablas de Color de Munsell, en 50 flores para cada fenotipo.
- 4.4.8.14. Número de estilos: se contaron en 50 gineceos de cada uno de los fenotipos de ciruela.
- 4.4.8.15. Color de estilos: se determinó de acuerdo a las Tablas de Munsell, en 30 flores de cada uno de los fenotipos de ciruela.
- 4.4.8.16. Número de óvulos: se realizó un corte transversal en los ovarios y se cuantificó el número de óvulos por cavidad, en 50 ovarios para cada fenotipo.
- 4.4.8.17. Forma del óvulo: se obtuvo de acuerdo a la forma que presentaron.

4.4.9. Fruto

4.4.9.1. Tipo de fruto: se determinó de acuerdo al origen de uno o varios pistilos por flor y a las características del pericarpio.

4.4.9.2. Color del fruto: se obtuvo de manera visual, se determinó en 50 frutos y que presentaran una apariencia regular de color.

4.4.9.3. Tamaño del fruto: con un vernier, se midió el diámetro polar que va desde la parte basal a la parte superior del fruto y el diámetro ecuatorial, tomando la parte media del fruto. Se midieron para cada fenotipo 50 frutos.

4.4.9.4. Peso del fruto: se pesaron 50 frutos para cada fenotipo, en una balanza analítica.

4.4.9.5. Índice de redondez: se obtuvo dividiendo el diámetro ecuatorial entre el diámetro polar, en 50 frutos para cada fenotipo.

4.4.9.6. Tipo y forma de la epidermis del fruto: se determinó directamente por contacto y apariencia física, en 50 frutos de cada uno de los fenotipos de ciruela *Spondias*.

4.4.10. Semilla

4.4.10.1. Color de la semilla: se obtuvo de forma visual, en 50 semillas para cada fenotipo.

4.4.10.2. Forma del embrión: se determinó con relación a la forma general que presenta el embrión.

4.4.10.3. Tamaño del embrión: se midió con un vernier la parte media para determinar el ancho, y la longitud de la semilla, 50 semillas por fenotipo.

4.4.10.4. Número de embriones: para la cuantificación de embriones se colectaron 50 frutos maduros de cada fenotipo de ciruela, y se les realizó un corte longitudinal.

4.4.11. Fenología

La fenología de cada árbol, se registró, cada quince días anotando el porcentaje de floración, amarre de futos, crecimiento de flor a fruto y foliación de cada uno de los fenotipos de ciruela. El porcentaje se obtuvo de la siguiente forma: se dividió el árbol en dos partes iguales de manera que fueran similares en cuanto a cantidad de ramas y se tomó la proporción de la cantidad de estructuras vegetativas y/o reproductivas, que se encontraron en los días de registró, la mitad del árbol equivale al 50%, por lo que se sumará el doble de la cantidad de las estructuras encontradas.

4.4.12. Relaciones filogenéticas

Las relaciones filogenéticas de los seis fenotipos de ciruela, se obtuvieron de acuerdo a la Taxonomía Numérica de Sokal y Sneath (1963) por una codificación de los caracteres, considerando 86 variables morfológicas. Cada variable se dividió en incisos, ya que presentan valores o características diferentes, teniendo un total de 255 datos, sin embargo, de éstos sólo se consideraron aquellas características que uno o ambos fenotipos en comparación presentaran, eliminando aquellos caracteres que no se presentaron en alguno de los fenotipos en comparación. Se asignó un valor de 1 a los caracteres presentes y un valor de 0 a los caracteres ausentes y con base a esto se determinó el índice de similitud para elaborar una Matriz. Posteriormente se tabuló en un fenograma.

$$\text{Índice de similitud} = \# \text{ Características totales} / \# \text{ Características presentes}$$

4.4.13. Electroforesis

Para determinar la variabilidad genética de los fenotipos de ciruela *Spondias*: amarilla, negra, redonda, roja y güingure, se trabajó la técnica de electroforesis en policrialamida, utilizando como base al embrión de la semilla.

Preparación de los extractos de proteínas:

Se homogeneizó 1g de muestra (embrión) congelada de los diferentes tipos de ciruela *Spondias* en 4 ml de buffer de fosfatos 0.1 M, sacarosa 0,25 M a un pH de 7.23, usando mortero y pistilos fríos. El homogenado se centrifugó a 15000 rpm durante 15 min, posteriormente se recuperó el sobrenadante, y se midió su volumen, para después agregar la cantidad suficiente y obtener una concentración final de 0.5 M; estas soluciones fueron los extractos de proteína cruda utilizados para la electroforesis. La electroforesis de proteínas se llevó a cabo de acuerdo al método descrito por Laemmli (1970) en un sistema discontinuo de reguladores.

Los geles se prepararon mezclando las soluciones concentradas que se indican en el Apéndice B, para este caso las concentraciones son 50% para el gel concentrador y 10% para el gel de resolución, se vació en una placa de vidrio sellada; inmediatamente y antes de que se polimerice el gel, se colocaron unas gotas de butanol saturado con agua con el propósito de que la superficie quedara plana. Una vez polimerizado el gel, aproximadamente en 40 minutos, se eliminó el butanol con agua corriente y se secó la superficie con papel, después se colocó sobre esta la mezcla para el gel concentrador y el peine (en donde el gel polimeriza aproximadamente en 1 hora). Ya preparados los geles, se colocaron en una cámara de electroforesis (Modelo No. Mini protean II Cel. Serial No. 125 BR 062659, Voltage 600 VDC, Power limit 15W, BIO RAD) y se llenó con regulador de corrimiento.

La concentración de proteínas para cada carril fue de 10 µg, las muestras se diluyeron previamente con regulador de la muestra (v/v) y se calentaron en baño María a temperatura de ebullición durante 2 minutos. En el primer carril se colocó 5 µl de un marcador de bajo peso molecular de 6 500 a 66 000 Kd (Producto No. M-3913), en el segundo carril 10 µl y 15 µl en el tercer carril; y en los carriles subsecuentes se pusieron las muestras de los tipos de ciruela: amarilla, negra, redonda, roja y güingure, respectivamente. El corrimiento electroforético se llevó a cabo con una corriente constante de 25 mA por placa y 100 Volts, y se suspendió en el momento en el que el marcador de corrimiento (azul de bromofenol) llegó a 1 cm, del extremo del gel, aproximadamente después de 2 horas.

Finalmente se separaron los geles de las placas con un poco de agua corriente e inmediatamente se sumergieron en solución de tinción con azul de Coomasie aproximadamente durante 1 hora a temperatura ambiente. Para quitar el exceso de colorante, los geles se colocaron en solución desteñidora haciendo varios cambios (Soriano, et. al., 1995).

Una vez que se obtuvo el gel, se determinó el peso molecular de las bandas que se encontraron en cada uno de los fenotipos de ciruela, contrastándolas con las bandas del marcador de bajo peso molecular, que presentó las siguientes proteínas: suero de albumina con un peso molecular de 66 000 Kd, ovoalbumina (huevo de pollo) 45 000 Kd, gliceraldehído 3- fosfato (músculo de conejo) de 36 000 Kd, Anhidrido carbónico (eritrocito de bovino) con un peso molecular de 29 000 Kd, tripsinógeno (páncreas de bovino) de 24 000 Kd, inhibidor de tripsina (soya) con 20 000 Kd, α-lactalbumina (leche de bovino) con un peso molecular de 14 000 y aprotinina de 6 500 Kd de peso molecular. Así mismo se determinó los mg de proteínas que se encontraban en dichas bandas, esto se realizó en un Digital graphic printer UP-D890 Multimage Light Gabinete Alpha Innotech Corporation.

Posteriormente se realizó una codificación, considerando la presencia-ausencia de las proteínas de los fenotipos amarilla, negra, redonda, roja y güingure, siguiendo el mismo procedimiento que se utilizó para las variables morfológicas. Después se realizó un fenograma, y así establecer similitud entre estos fenotipos.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La clasificación de los vegetales se basa en el estudio de todos sus caracteres, para después realizar una comparación detallada de los mismos, lo cual conduce a establecer semejanzas y diferencias entre las plantas. Así, la flor es la estructura más importante de la planta, para la clasificación debido a que cada uno de los verticilos presentes en ella determinan el grupo al que pertenecen.

5.1. Características del árbol

5.1.1. Hábito de crecimiento y forma del árbol

El hábito de crecimiento de los seis fenotipos en estudio son árboles.

Los árboles de los diferentes fenotipos de ciruela *Spondias* son asimétricos.

5.1.2. Altura del árbol

La altura difiere de acuerdo al fenotipo, los árboles que presentan 3.0 a 4.0 m de altura son los de **amarilla** y **negra**, el fenotipo **redonda** alcanza una altura de 3.0 a 5.5 m, mientras que el fenotipo **gorda** llega a medir de 3.0 a 5.0 m de altura, para el fenotipo **roja** se tiene una altura de 4.0 a 6.0 m y los de mayor tamaño son los del fenotipo **güingure** con 6.0 a 7.0 m (Cuadro No. 1), estos resultados son menores a los establecidos por Standley y Steyemark (1949), quienes proponen un promedio de 12.0 a 15.0 m de altura, en árboles de Guatemala; mientras que Bailey (1949), establece una altura de 8.4 m en árboles de *Spondias purpurea*; pero los datos obtenidos en el presente estudio, sí concuerdan con lo propuesto por Little, et al. (1967) que mencionan que miden de 4.0 a 12.0 m de altura los árboles de *Spondias purpurea*, en Puerto Rico.

5.1.3. Copa del árbol

Por otro lado, la copa de los árboles en los fenotipos **amarilla**, **redonda** y **güingure** es irregular, la distribución de las ramas es irregular; el tipo **gorda** presenta generalmente una copa irregular, aunque en algunos árboles la copa es semi-oval; en el fenotipo **negra** esta bien definida la copa como un triángulo invertido, con un despliegue muy ancho de sus ramas; y el fenotipo **roja** presenta una copa ancha en forma de triángulo invertida, menos definida que la anterior (Fotografías. No.1 - 4).

Cuadro No. 1. Características del árbol

FENOTIPOS DE CIRUELA <i>Spondias</i>	CARACTERÍSTICAS			
	HÁBITO DE CRECIMIENTO DE LA PLANTA	FORMA DEL ÁRBOL	ALTURA DEL ÁRBOL (m)	COPA DEL ÁRBOL
AMARILLA	Arbol	Asimétrico	3.0 - 4.0	Irregular
GORDA	Arbol	Asimétrico	3.0 - 5.0	Irregular y/o semioval
NEGRA	Arbol	Asimétrico	3.0 - 4.0	Triángulo invertido
REDONDA	Arbol	Asimétrico	3.0 - 5.5	Irregular
ROJA	Arbol	Asimétrico	4.0 - 6.0	Triángulo invertido
GUINGURE	Arbol	Asimétrico	6.0 - 7.0	Irregular



Fotografía No.1. Árbol del fenotipo gorda de ciruela *Spondias*, copa regular y distribución de ramas irregulares.



Fotografía No. 2. Árbol del fenotipo negra de ciruela *Spondias*, copa de triángulo invertido



Fotografía No. 3. Árbol del fenotipo redonda de ciruela *Spondias*, los árboles en su mayoría presentan copas de triángulo invertido y algunas veces de forma irregular.



Fotografía No. 4. Árbol del fenotipo güingure de la ciruela *Spondias*, copa irregular de mucho vigor y ramas fuertes, con una distribución irregular.

5.2. Características del tallo

5.2.1. Textura, color y tipo de tallo

Los seis fenotipos de ciruela en estudio desarrollan un tronco con corteza gruesa, liso coriácea y resinosa, de color gris verdoso de tipo erecto. La ciruela **negra** tiene una característica diferencial, ya que en el tallo se presentan anillos oscuros, aproximadamente cada 30 cm, mientras que en el resto de los fenotipos no se presentan.

5.2.2. Patrón de ramificación

El patrón de ramificación es dicotómico, debido a que el tronco tiene dos ramas que se ramifican simultáneamente, en los diferentes fenotipos de ciruela (Cuadro No.2). En los seis fenotipos se desarrollan ramas primarias divididas en ramas secundarias y terciarias, estas ramas son delgadas, redondas y de color gris cenizo, y presentan cicatrices foliares que son formadas una vez que el árbol pierde las hojas dejando cicatriz, estas características concuerdan con lo establecido por Standley y Steyemark (1949) en su descripción del género *Spondias*; así como lo propuesto por Hernández y Yañez (1980); Barrios y De la Cruz (1980) y León y Shaw (1990) en sus respectivas caracterizaciones de especies de *Spondias*.

5.2.3. Tamaño del tallo

Con relación al diámetro que se midió a una altura media del tronco antes de la bifurcación es diferente para cada fenotipo, el fenotipo **negra** tiene un diámetro de 0.50 m a 0.80 m; **amarilla** con un diámetro de 0.50 a 1.00 m; y el fenotipo **roja** con un diámetro de 1.20 a 1.40 m; mientras que los fenotipos **gorda**, **redonda** y **güingure** presentaron un diámetro de 1.00 a 1.50 m (Cuadro No. 2), en general, el diámetro del tronco de los fenotipos estudiados es mayor a lo establecido por Barrios y De la Cruz (1980), que mencionan un grosor de 0.37 a 0.65 m en árboles de ciruela

Spondias, seleccionados en una huerta de del Estado de Nayarit en 1978, estos árboles pueden ser más gruesos debido a que se encuentran en una zona idónea para su crecimiento. La longitud del tallo antes de la bifurcación (del suelo a la bifurcación), es menor en **amarilla** y **redonda**, con 0.50 a 1.00 m; los fenotipos **gorda**, **roja** y **güingure** presentan una altura de 1.00 a 1.50 m y el fenotipo **negra** con 1.00 a 1.70 m de altura.

Cuadro No. 2. Características del tallo.

FENOTIPO DE CIRUELA <i>Spondias</i>	CARACTERÍSTICAS					
	TEXTURA DEL TALLO	COLOR DEL TALLO	TIPO DE TALLO	PATRÓN DE RAMIFICACIÓN	DIAMETRO DEL TALLO (m)	LONGITUD ANTES DE LA BIFURCACIÓN (m)
AMARILLA	Liso-coriácea	Grisáceo-verdoso	Erecto	Dicotómico	0.50 a 1.00	0.50 a 1.00
GORDA	Liso-coriácea	Grisáceo-verdoso	Erecto	Dicotómico	1.00 a 1.50	1.00 a 1.50
NEGRA	Liso-coriácea	Grisáceo-verdoso	Erecto	Dicotómico	0.50 a 0.80	1.00 a 1.70
REDONDA	Liso-coriácea	Grisáceo-verdoso	Erecto	Dicotómico	1.00 a 1.50	0.50 a 1.00
ROJA	Liso-coriácea	Grisáceo-verdoso	Erecto	Dicotómico	1.20 a 1.40	1.00 a 1.50
GÜINGURE	Liso-coriácea	Grisáceo-verdoso	Erecto	Dicotómico	1.00 a 1.50	1.00 a 1.50

5.3. Características de las hojas

5.3.1. Tipo de hoja y patrón de nervación

Las hojas de los 6 fenotipos de ciruela se distinguen por ser imparipinnadas, su patrón de nervación es pinnado (Cuadro No. 3a), con una nervadura principal y nervaduras secundarias poco visibles; además son delgadas en textura, tal y como lo describen Airy y Forman (1967); León y Shaw (1990) y Avitia (1997b).

5.3.2. Posición de la hoja en el tallo, ápice, base y borde de la hoja

Las hojas son opuestas y/o ligeramente alternas; con ápices acuminados; en los fenotipos amarilla, negra, roja y güingure se presentan bases cuneadas, mientras que las bases son redondeadas en gorda y redonda, los bordes para los diferentes fenotipos son sinuados y/o ligeramente subcrenados (Cuadro No. 3a), lo anterior, concuerda con lo propuesto por Little, et. al. (1967), pero no así con lo descrito por León y Shaw (1990), que mencionan que las hojas de ciruela *Spondias* presenta bordes aserrados.

5.3.3. Forma y color de la hoja

Los seis fenotipos de ciruela presentan hojas de color verde y generalmente son elípticas, tal y como lo menciona Standley y Steyemerk (1949) y León (1968); aunque se encontraron algunas hojas con formas muy variables de obovadas a oblongas (Cuadro No.3b), en los diferentes fenotipos de ciruela, como lo establece Bailey (1949).

5.3.4. Tamaño de la hoja

La longitud de los folíolos es de 4.0 a 7.0 cm, encontrando que el mayor tamaño en cuanto a longitud lo presenta el fenotipo **redonda** con un promedio de 6.65 cm; para el fenotipo **roja** es de 5.75 cm de longitud; los fenotipos **amarilla**, **gorda** y **güingure** presentan un promedio de 5.80 cm de longitud, y de 4.69 cm de longitud en la **negra** (Cuadro No. 3b), resultados que no concuerdan con los rangos establecidos por León y Shaw (1990), que propone una longitud de 2.0 a 3.0 cm; al igual que León (1968) menciona una longitud de 3.0 a 6.0 cm; mientras que Bailey (1949), Little, et. al. (1967) y Barrios y De la Cruz (1980), establecen tamaños muy grandes que son de 7.0 a 23.0 cm, de 6.0 a 30.0 cm y de 15.0 a 55.0 cm de longitud respectivamente; sin embargo, el rango que más se acerca a los resultados obtenidos son los de León (1968), por otro lado, se encontraron folíolos mayores de 15.0 cm de longitud, pero en menor cantidad, por lo que no se consideraron. El ancho de los folíolos es mayor para el fenotipo **redonda** con 2.55 cm; en el fenotipo **roja** el ancho mide 2.44 cm, mientras que para el fenotipo **gorda** mide 2.32 cm de ancho, los fenotipos **amarilla** y **güingure** miden 2.13 y 2.10, respectivamente y en el fenotipo **negra** el ancho del folíolo mide 1.86 cm (Cuadro No. 3b).

5.3.5. Número de folíolos, peciolos y estípulas

5 fenotipos de ciruela presentan de 5 a 30 pares de folíolos, **amarilla**, **gorda**, **redonda**, **roja** y **güingure**, mientras que el fenotipo **negra** presenta de 5 a 20 pares de folíolos (Cuadro No. 3b), cabe mencionar que las ramas con mayor número de folíolos se ubican en las ramas más altas y las de menor número de folíolos se encuentran en la parte media y baja del árbol a partir de la bifurcación. Por su parte, Standley y Steyemark (1967) y León y Shaw (1990), proponen un rango menor de 5 a 12 pares de folíolos; Little, et. al. (1967) menciona que se encuentran de 9 a 12 pares de folíolos; León (1968) establece que se encuentran de 10 a 20 pares de folíolos. Los peciolos son muy cortos y no existe estípula (Figura No.2-7).

Cuadro No. 3a. Características de la hoja.

FENOTIPOS DE CIRUELA <i>Spondias</i>	CARACTERÍSTICAS					
	PATRÓN DE NERVACIÓN	TIPO DE HOJA	POSICIÓN DE LA HOJA EN EL TALLO	TIPO DE ÁPICE	TIPO DE BASE	TIPO DE BORDE
AMARILLA	Pinnada	Imparipinnada	Opuesto	Acuminado	Cuneada	Sinuado
GORDA	Pinnada	Imparipinnada	Opuesto	Acuminado	Redondeada	Sinuado
NEGRA	Pinnada	Imparipinnada	Opuesto	Acuminado	Cuneada	Sinuado
REDONDA	Pinnada	Imparipinnada	Opuesto	Acuminado	Redondeada	Sinuado
ROJA	Pinnada	Imparipinnada	Opuesto	Acuminado	Cuneada	Sinuado
GÜINGURE	Pinnada	Imparipinnada	Opuesto	Acuminado	Cuneada	Sinuado

Cuadro No. 3b. Características de la hoja (continuación).

FENOTIPOS DE CIRUELA <i>Spondias</i>	CARACTERÍSTICAS						
	FORMA DE LA HOJA	COLOR DE LA HOJA	LONGITUD DE LA HOJA (cm)	ANCHO DE LA HOJA (cm)	PARES DE FOLIOLOS	PECIOLOS	ESTÍPULAS
AMARILLA	Elíptica	Verde	5.8	2.13	5 a 30	Cortos	Ausentes
GORDA	Elíptica	Verde	5.8	2.32	5 a 30	Cortos	Ausentes
NEGRA	Elíptica	Verde	4.69	1.86	5 a 20	Cortos	Ausentes
REDONDA	Elíptica	Verde	6.65	2.52	5 a 30	Cortos	Ausentes
ROJA	Elíptica	Verde	5.75	2.44	5 a 30	Cortos	Ausentes
GÜINGURE	Elíptica	Verde	5.80	2.10	5 a 30	Cortos	Ausentes

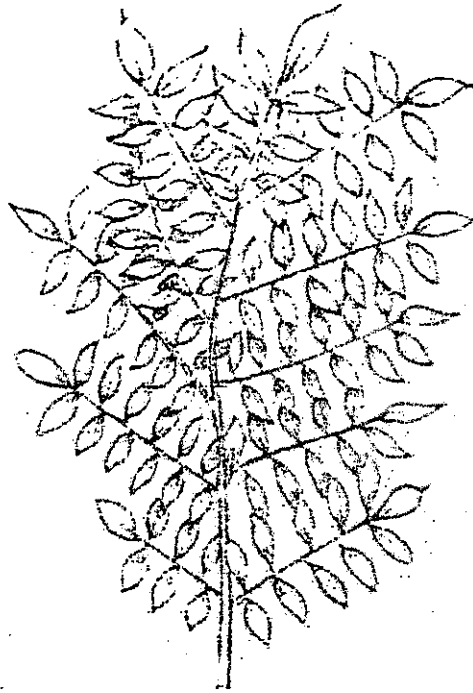


Figura No. 2. Esquema de la hoja del fenotipo amarilla.

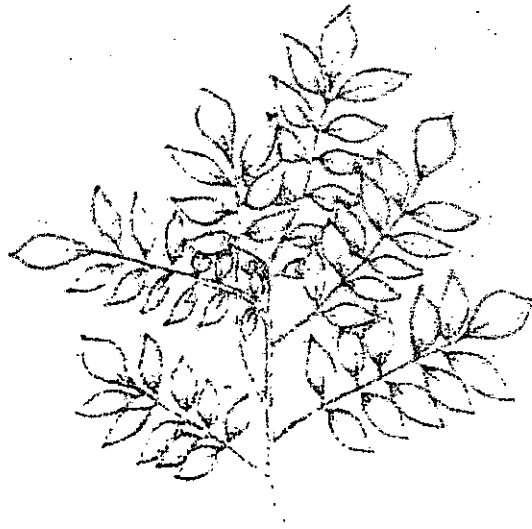


Figura No. 3. Esquema de la hoja del fenotipo gorda.

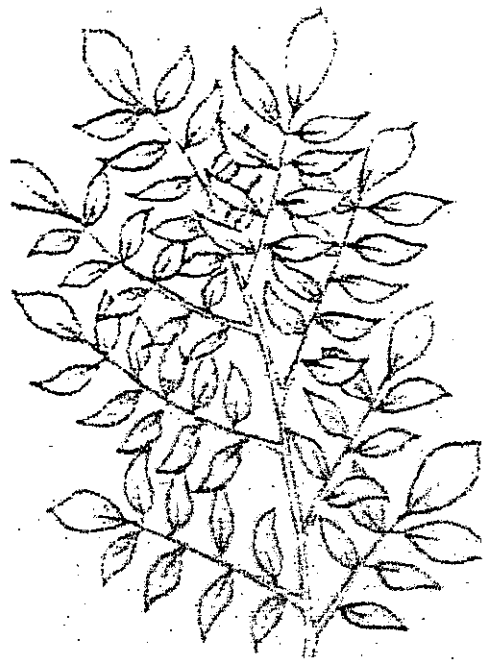


Figura No. 4. Esquema de la hoja del fenotipo negra.

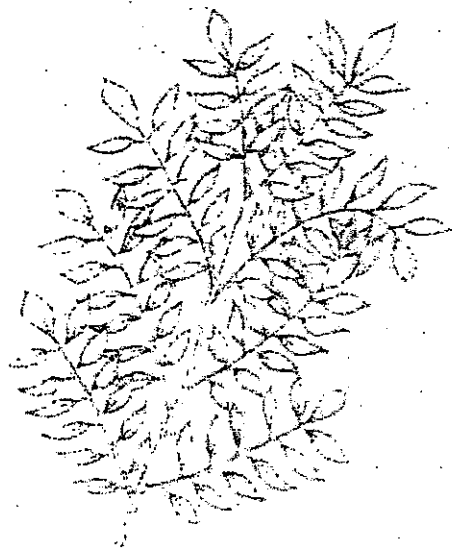


Figura No. 5. Esquema de la hoja del fenotipo redonda.

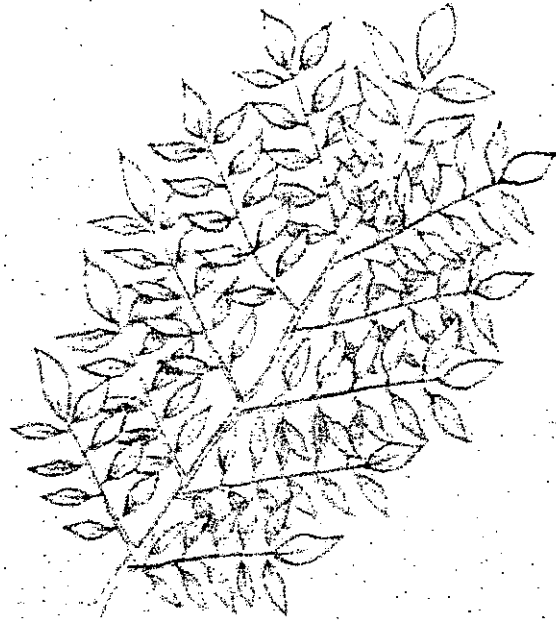


Figura No. 6. Esquema de la hoja del fenotipo roja.

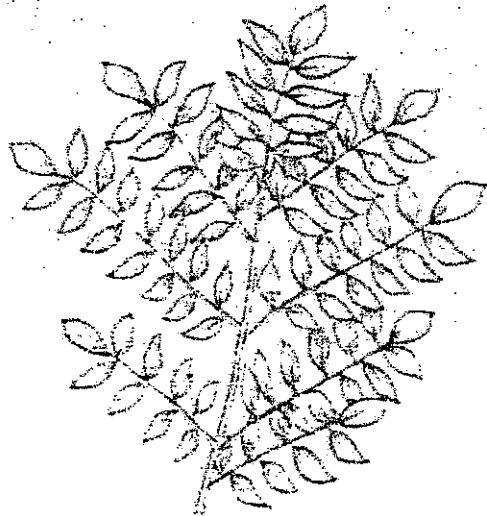


Figura No. 7. Esquema de la hoja del fenotipo güingure.

5.4. Características de la inflorescencia

5.4.1. Tipo y posición de la inflorescencia

El arreglo de las inflorescencias en los 6 fenotipos de ciruela es del tipo compuesta, denominada como panícula, principalmente axilares, se encuentran lateralmente a lo largo de las ramas de uno a 2 años de edad. La inflorescencia es de color rojo en los fenotipos **gorda**, **negra**, **redonda**, **roja** y **güingure** y de color amarilla en la ciruela **amarilla** (Cuadro No. 4). En los fenotipos de ciruela *Spondias* en estudio las inflorescencias son pediceladas y caducas, en éstas se distingue claramente el soporte principal conocido como pedúnculo, los soportes que sostienen a cada flor llamados pedicelos y las hojas pequeñas que protegen a las flores durante su desarrollo, las brácteas.

5.4.2. Tamaño de la inflorescencia

Presentan un tamaño menor de 5.0 cm de longitud, encontrando que la inflorescencia más grande es de 3.8 cm de longitud en el caso del fenotipo **negra**; el fenotipo **roja** de 1.2 cm de longitud en promedio; los fenotipos **amarilla**, **negra**, **redonda** y **güingure** con 1.0 cm de longitud (Cuadro No. 4), estos resultados concuerdan con lo establecido por Bailey (1949); Standley y Steyemark (1949); Little, et. al. (1967); Airy y Forman (1967); León (1968); Hernández y Yañez (1980); Kernan (1988), Jiménez (1994); Avitia (1997b) y Fonseca (1998).

Como dato importante en este apartado, existen tres características que permiten distinguir a *Spondias purpurea* de otras especies; una de ellas es la ausencia de hojas cuando son producidas las inflorescencias; mientras que *Spondias mombin* y *Spondias radlkoferi* si presentan hojas acompañadas de inflorescencias. Las otras dos características son la posición y tamaño de las inflorescencias, como ya se mencionó anteriormente son axilares, menores de 5.0 cm de longitud lo que en *Spondias mombin* las inflorescencias son terminales de más de 15.0 cm de longitud.

Cuadro No. 4. Características de la inflorescencia.

FENOTIPOS DE CIRUELA <i>Spondias</i>	CARACTERÍSTICAS		
	TIPO DE INFLORESCENCIA	POSICION DE LA INFLORESCENCIA	LONGITUD DE LA INFLORESCENCIA (cm)
AMARILLA	Panicula	Axilar	1.0
GORDA	Panicula	Axilar	3.8
NEGRA	Panicula	Axilar	1.0
REDONDA	Panicula	Axilar	1.0
ROJA	Panicula	Axilar	1.2
GÜINGURE	Panicula	Axilar	1.0

5.5. Características del cáliz

5.5.1. Número y forma de sépalos; tipo, aspecto general, morfología externa y duración del cáliz

Los seis fenotipos de ciruela presentan un cáliz dialisépalo (Figura No. 8), porque tienen los sépalos libres con aspecto piloso y de forma regular cupuliforme, de 5 sépalos transversalmente rómbicos, lo cual concuerda con lo mencionado por Hernández y Yañez (1980) y León (1968). Por otro lado, la duración del cáliz es deciduo, cae conjuntamente con la corola, después de la fecundación del ovario (Cuadro No. 5a).

5.5.2. Color del sépalo

El color del sépalo en el fenotipo **amarilla** es 6/3 que pertenece al amarillo olivo Hue 5Y; el fenotipo **gorda** 4/8 roja Hue 7.5 R; los fenotipos **negra** y **redonda** con 3/6 que pertenece al rojo oscuro Hue 7.5 R; mientras que los fenotipos **roja** y **güingure** se encuentran dentro de 5/8 rojo Hue 10 R (Cuadro No. 5b).

5.5.3. Tamaño del sépalo

Con respecto a la longitud del sépalo el fenotipo de ciruela **roja**, presenta una longitud de 1.0 a 2.0 mm; los fenotipos **güingure** y **amarilla** con 1.0 a 1.6 mm y 1.0 a 1.5 mm de longitud, respectivamente; **redonda** con 1.0 a 1.2 mm; la longitud del fenotipo **negra** es de 0.9 a 1.1 mm; mientras que la longitud del fenotipo **gorda** es de 0.5 mm; de estos resultados, solo los fenotipos **amarilla**, **roja** y **güingure** están dentro del rango 1.13 a 1.49 mm de longitud establecidos por Hernández y Yañez (1980) en 4 tipos de ciruela *Spondias*: roja, roja carnuda, cabeza de loro y joba, establecidos en una huerta de Veracruz. El ancho del sépalo, es variable dependiendo del fenotipo, para el fenotipo **güingure** es de 1.0 a 1.6 mm que presenta el mayor tamaño en cuanto a ancho, el fenotipo **gorda** con 1.0 a 1.5 mm de ancho; los fenotipos **amarilla** y **roja** con 1.0 a 1.3 mm y el fenotipo **redonda** de 1.0 a 2.0 mm, mientras que el fenotipo **negra** presenta 0.9 a 1.3 mm (Cuadro No. 5b). Todos estos resultados se encuentran dentro del rango 1.20 ± 0.19 mm, mencionado por Hernández y Yañez (1980), que le corresponde al tipo cabeza de loro de Veracruz, perteneciente a la especie *Spondias purpurea*.

Cuadro No. 5a. Características del cáliz.

FENOTIPOS DE CIRUELA <i>Spondias</i>	CARACTERÍSTICAS					
	TIPO DE CALIZ	ASPECTO GENERAL DEL CÁLIZ	MORFOLOGÍA EXTERNA DEL CÁLIZ	DURACIÓN DEL CÁLIZ	NÚMERO DE SÉPALOS	FORMA DEL SÉPALO
AMARILLA	Dialisépalo	Piloso	R - C	Deciduo	5	T. rómbico
GORDA	Dialisépalo	Piloso	R - C	Deciduo	5	T. rómbico
NEGRA	Dialisépalo	Piloso	R - C	Deciduo	5	T. rómbico
REDONDA	Dialisépalo	Piloso	R - C	Deciduo	5	T. rómbico
ROJA	Dialisépalo	Piloso	R - C	Deciduo	5	T. rómbico
GÜINGURE	Dialisépalo	Piloso	R - C	Deciduo	5	T. rómbico

R - C = Regular - Cupuiforme

T. rómbico = Transversalmente rómbico

Cuadro No. 5b. Características del cáliz (continuación).

FENOTIPOS DE CIRUELA <i>Spondias</i>	CARACTERÍSTICAS		
	COLOR DEL SÉPALO	LONGITUD DEL SÉPALO (mm)	ANCHO DEL SÉPALO (mm)
AMARILLA	6/3 amarillo olivo Hue 5Y	1.0 a 1.5	1.0 a 1.3
GORDA	4/8 rojo Hue 7.5 R	0.5	1.0 a 1.5
NEGRA	3/6 rojo oscuro Hue 7.5 R	0.9 a 1.1	0.9 a 1.3
REDONDA	3/6 rojo oscuro Hue 7.5 R	1.0 a 1.2	1.0 a 2.0
ROJA	5/8 rojo Hue 10 R	1.0 a 2.0	1.0 a 1.3
GUINGURE	5/8 rojo Hue 10 R	1.0 a 1.6	1.0 a 1.6

5.6. Características de la flor

Las flores se ubican a lo largo de ramas delgadas sin hojas. Las flores del fenotipo **amarilla** se dan en racimos del mismo año. En el fenotipo **gorda** las flores se encuentran en ramas del año anterior y la floración aumenta en ramas de hasta 2 años. En el fenotipo **negra** las flores se ubican en ramas del mismo año y en ramas del año anterior; tiene como característica que produce en todas las detecciones de crecimiento hacia la parte terminal. En **redonda** y **roja** no hay detecciones de crecimiento y la floración se da en ramas del mismo año, es decir, crecen en el mismo ciclo y en ese lugar produce. En **güingure** se da en ramas del mismo año y en ramas de hasta 2 años.

5.6.1. Prefloración, simetría, tipo y sexo de la flor

En los diferentes fenotipos de ciruela *Spondias* en estudio, la prefloración es quincuncial, mientras que en su caso Hernández y Yañez (1980) describen que la prefloración es valvar para la especie *Spondias purpurea*. Los fenotipos de ciruela, presentan una flor actinomorfa por lo que su simetría es radial, debido a que la corola está formada por pétalos de igual tamaño y distribución uniforme, que permiten que la flor pueda ser dividida en dos planos o más (Figura No.8).

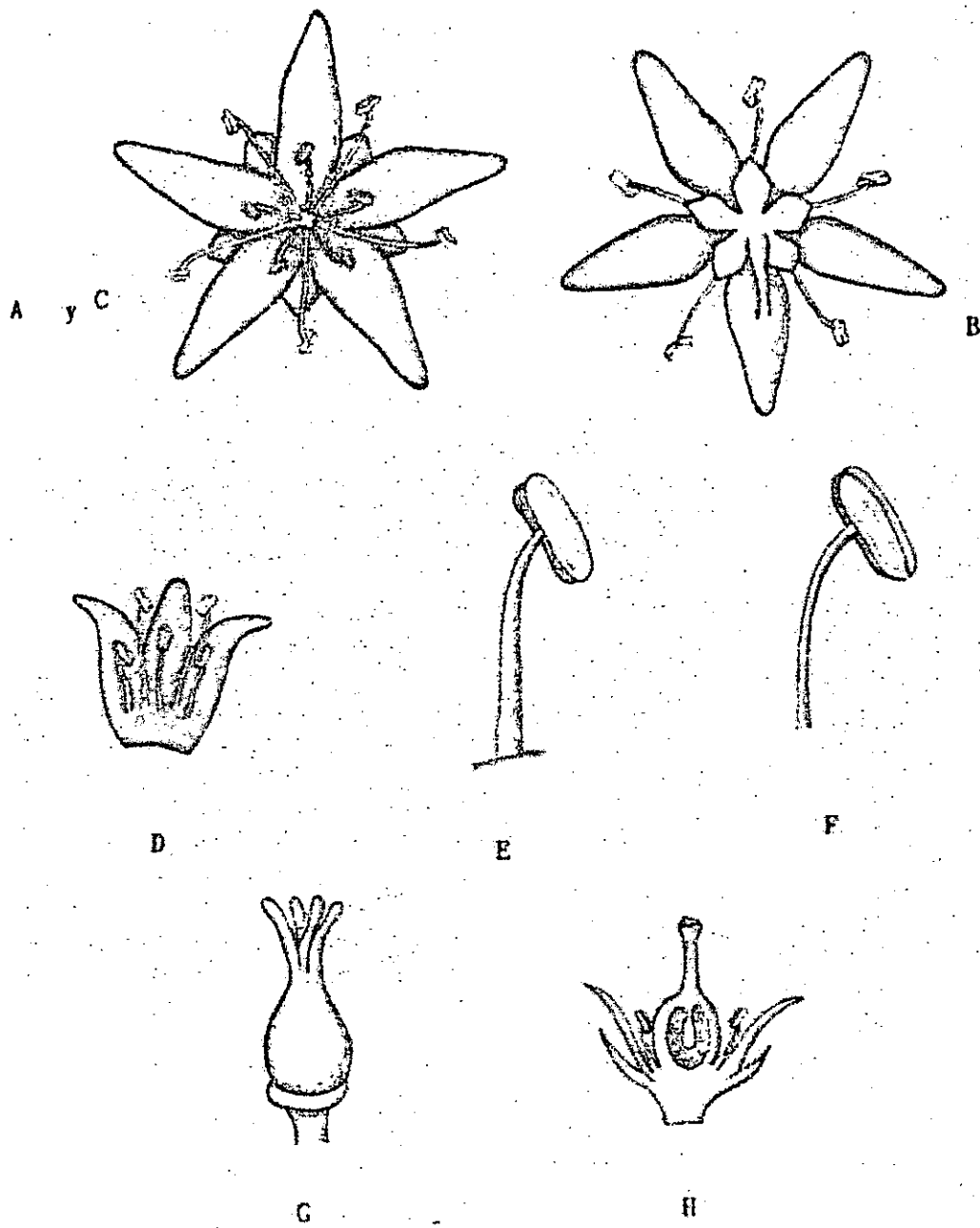


Figura No. 8. Esquemas de las diferentes estructuras de la flor.

- A. Simetría radial de la flor (actinomorfa). B. Tipo de cáliz dialisépalo. C. Tipo de corola dialipétala.
 D. Tipo de estambre dialistémono. E. Orientación de las anteras dorsifijas. F. Dehiscencia longitudinal.
 G. Tipo de gineceo sincárpico. H. Posición del ovario súpero.

Flores completas, hermafroditas, en algunas ocasiones se presentan estambres infértiles, por lo que se le considera una flor perfecta, León y Shaw (1990) y Barrios y De la Cruz (1980) mencionan que son bisexuales (Cuadro No. 6a).

5.6.2. Diámetro de la flor

Son flores muy pequeñas, menores de 1.0 cm; el fenotipo **güingure** presenta un diámetro de 1.8 a 3.0 mm, la **negra** y **roja** con 2.0 a 3.0 mm; el fenotipo **amarilla** de 2.5 a 3.5 mm de diámetro; el fenotipo **redonda** de 2.0 a 5.0 mm de diámetro, mientras que el fenotipo **gorda** con un diámetro de 3.5 a 4.0 mm (Cuadro No. 6a).

5.6.3. Color de la flor

Las flores son de color rojo en los fenotipos **gorda**, **negra**, **redonda**, **roja** y **güingure** y de color amarillo en el tipo de éste color (Cuadro No. 6a), esto concuerda con los colores que encontraron en sus trabajos sobre *Spondias* Little, et. al (1967) Airy y Forman (1967) en Asia; Ramírez (1991); Morales (1992), Jiménez (1994) en Costa Rica y Avitia (1997) en Morelos, México.

5.6.4. Número de flores por racimo

El número promedio de flores por racimo varía de acuerdo al fenotipo de ciruela en estudio, el fenotipo **gorda** presenta 21 flores en promedio; el fenotipo **amarilla** con 20 flores; 10 flores para el fenotipo **güingure**; mientras que la **redonda** y **negra** se presentan 6 flores en promedio, y el fenotipo **rojo** con 5 flores por racimo (Cuadro No. 6b).

5.6.5. Tipo y forma de corola

Los pétalos están separados hasta la base, por lo que su corola es dialipétala (Figura No.8) y tiene una morfología externa regular actinomorfa, debido a que los

pétalos libres son iguales entre sí y, simétricos, respecto a un eje; la forma que presenta la corola es del tipo rosácea, en los 6 fenotipos de ciruela *Spondias* (Cuadro No. 6b).

5.6.6. Número y forma de los pétalos

La flor presenta 5 pétalos con nervaduras delgadas de color blanco, los pétalos son lisos, y con forma lanceolada (Cuadro No. 6b) (Figura No. 9), tal y como lo mencionan Barrios y De la Cruz (1980) y Fonseca (1998); Hernández y Yañez (1980).

5.6.7. Color de los pétalos

El color de los pétalos de acuerdo a las tablas de Munsell, en los fenotipos **gorda**, **negra** y **redonda** es 4/8 que pertenece al rojo Hue 7.5R; en los fenotipos **güingure** y **roja** es 5/8 que pertenece al rojo Hue 10 R y para el fenotipo **amarilla** es 7/6 amarillo Hue 5Y (Cuadro No. 6c).

5.6.8. Tamaño de los pétalos

Con respecto a la longitud de los pétalos, es mayor en los fenotipos **roja** y **güingure** con 2.5 a 3.7 mm y 2.7 a 3.5 mm de longitud, respectivamente; el fenotipo **gorda** con 2.0 a 3.5 mm de longitud; 2.5 a 3.3 mm de longitud para el fenotipo **redonda**; de 2.3 a 3.0 mm de longitud para el fenotipo **amarilla** y el fenotipo **negra** de 1.5 a 3.0 mm de longitud (Cuadro No. 6c). Los datos de los fenotipos **roja**, **güingure**, **gorda** y **redonda** son mayores a los establecidos por Standley y Steyemark (1949) que mencionan que llegan a alcanzar una longitud de 3.0 mm. Por otro lado, Hernández y Yañez (1980) en cuatro fenotipos de ciruela de Veracruz: **roja**, **roja carnuda**, **cabeza de loro** y **joba**, establecen un rango de 2.55 a 3.98 mm de longitud por lo que los datos obtenidos en el presente trabajo sí concuerdan con este rango. Con relación al ancho de los pétalos es mayor en el fenotipo **güingure** con 1.0

a 1.8 mm; 1.5 a 7.0 mm para el fenotipo **amarilla**; de 1.0 a 1.5 mm de ancho para los fenotipos **gorda** y **roja**; en el fenotipo **negra** con 1.0 a 1.3 mm; mientras que el fenotipo **redonda** presenta un rango de 0.7 a 1.3 mm; estos resultados concuerdan con el rango 1.49 ± 0.12 mm, establecidos para el tipo cabeza de loro en el estudio realizado por Hernández y Yañez (1980), no así para los fenotipos de ciruela *Spondias*: roja, roja carnuda y joba.

Cuadro No. 6a. Características de la flor.

FENOTIPOS DE CIRUELA <i>Spondias</i>	CARACTERÍSTICAS					
	TIPO DE PREFLORACIÓN	SIMETRÍA DE LA FLOR	TIPO DE FLOR	SEXO DE LA FLOR	DIAMETRO DE LA FLOR	COLOR DE LA FLOR
AMARILLA	Quincuncial	Radial	Completa	Hermafrodita	2.5 a 3.5	Amarilla
GORDA	Quincuncial	Radial	Completa	Hermafrodita	3.5 a 4.0	Roja
NEGRA	Quincuncial	Radial	Completa	Hermafrodita	2.0 a 3.0	Roja
REDONDA	Quincuncial	Radial	Completa	Hermafrodita	2.0 a 5.0	Roja
ROJA	Quincuncial	Radial	Completa	Hermafrodita	2.0 a 3.0	Roja
GUINGURE	Quincuncial	Radial	Completa	Hermafrodita	1.8 a 3.0	Roja

Cuadro No. 6b. Características de la flor (continuación).

FENOTIPOS DE CIRUELA <i>Spondias</i>	CARACTERÍSTICAS				
	NÚMERO DE FLORES POR RACIMO	TIPO DE COROLA	FORMA DE LA COROLA	NÚMERO DE PÉTALOS	FORMA DE LOS PÉTALOS
AMARILLA	20	Dialipétala	Rosácea	5	Lanceolada
GORDA	21	Dialipétala	Rosácea	5	Lanceolada
NEGRA	6	Dialipétala	Rosácea	5	Lanceolada
REDONDA	6	Dialipétala	Rosácea	5	Lanceolada
ROJA	5	Dialipétala	Rosácea	5	Lanceolada
GUINGURE	10	Dialipétala	Rosácea	5	Lanceolada

Cuadro No. 6c. Características de la flor (continuación).

FENOTIPOS DE CIRUELA <i>Spondias</i>	CARACTERÍSTICAS		
	COLOR DE PÉTALOS	LONGITUD DE LOS PÉTALOS (cm)	ANCHO DE LOS PÉTALOS (cm)
AMARILLA	7/6 amarillo Hue 5Y	2.3 a 3.0	1.5 a 1.7
GORDA	4/8 rojo Hue 7.5 R	2.0 a 3.5	1.0 a 1.5
NEGRA	4/8 rojo Hue 7.5 R	1.5 a 3.0	1.0 a 1.3
REDONDA	4/8 rojo Hue 7.5 R	2.5 a 3.3	0.7 a 1.3
ROJA	5/8 rojo Hue 10R	2.5 a 3.7	1.0 a 1.5
GÜNGURE	5/8 rojo Hue 10R	2.1 a 3.5	1.0 a 1.8



Amarilla



Redonda



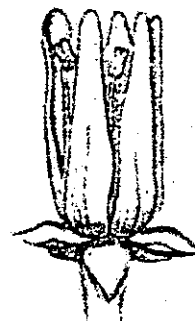
Gorda



Roja



Negra



Güingure

Figura No. 9. Esquemas de las flores de los diferentes fenotipos de ciruela *Spondias*.

5.7. Características del androceo

5.7.1. Número de estambres

El androceo constituye el aparato reproductor masculino de la flor; los seis fenotipo de ciruela *Spondias* presentan 10 estambres, por lo que se les denomina Poliandras, pero son desiguales, se presentan en dos series de cinco y reciben el nombre de Pentadínamos, es decir, 5 estambres más largos, situados entre pétalo y pétalo y los otros 5 estambres son más cortos y se encuentran en la región media de cada pétalo (Figura No. 8); esto concuerda con lo establecido por León (1968) mientras que Barrios y De la Cruz (1980) y Hernández y Yañez (1980) mencionan que los estambres que están frente a los sépalos son más largos (Cuadro No. 7a).

5.7.2. Tamaño de los estambres

La longitud de los estambres grandes en los fenotipos de ciruela *Spondias* es diferente, en el fenotipo **gorda** mide de 1.9 a 2.6 mm de longitud; el fenotipo **güingure** de 2.3 a 2.5 mm; para el fenotipo **roja** los estambres miden de 2.1 a 2.5 mm, en el caso del fenotipo **negra** miden 1.8 a 2.2 mm de longitud; 1.7 a 2.1 mm en el caso del fenotipo **redonda**, y para el fenotipo **amarilla** miden una longitud de 1.6 a 1.8 mm.

Mientras que los estambres cortos, presentan una longitud de 1.4 a 1.7 mm para el fenotipo **gorda**; **negra** con 1.4 a 1.6 mm; fenotipo **amarilla** de 1.3 a 1.7 mm de longitud; en el fenotipo **roja** es de 1.3 a 1.5 mm, y para **redonda** y **güingure** de 1.2 a 1.5 mm de longitud (Cuadro No. 7a), Barrios y De la Cruz (1980) establecen un promedio de 1.5 mm de longitud, por lo que solo entran en este rango los estambres cortos.

5.7.3. Tipo de estambre y relación entre el número de estambres y pétalos

El estambre es de tipo Dialistémono (Figura No. 8) por presentar los estambres libres y estar unidos a la base del disco, opuestos a las partes del perianto. Por la relación entre el número de estambres y el de pétalos se les denomina Diplostémonos, debido a que presentan el doble número de estambres que de pétalos (Cuadro No. 7a).

5.7.4. Color de los estambres

El color de los estambres en los fenotipos **gorda**, **roja** y **güingure** es amarillo y en los fenotipos **redonda**, **negra** y **amarilla** es de color amarillo pálido (Cuadro No. 7b).

5.7.5. Forma, inserción y orientación de la antera, tipo de dehiscencia

Las anteras en los 6 fenotipos de ciruela *Spondias* son ovoidales (obladas); la inserción del filamento en la antera es dorsifija, porque se inserta en el dorso (Figura No. 8); la orientación de las anteras es introrsa, ya que las tecas se dirigen hacia el centro de la flor; presentan una dehiscencia longitudinal (Figura No. 8), se produce una fisura a lo largo del eje de la teca, siendo así que cada estambre tiene dos tecas (Cuadro No. 7b); estas características concuerdan con lo establecido por Hernández y Yañez (1980) en su trabajo realizado en 4 tipos de ciruela *Spondias purpurea*: roja, roja carnuda, cabeza de loro y joba del Estado de Veracruz; así mismo, con lo que establecen Barrios y De la Cruz (1980) en su descripción botánica sobre *Spondias pupurea*.

5.7.6. Tamaño de la antera

Con respecto al tamaño de la antera de los estambres largos, en los fenotipos **güingure**, **redonda** y **roja**, que miden 0.7 a 1.1 mm, 0.6 a 0.9 mm y 0.5 a 1.0 mm de

longitud, respectivamente; en el fenotipo **amarilla** mide 0.6 a 0.7 mm de longitud, para el fenotipo **gorda** mide 0.3 a 0.5 mm y el fenotipo **negra** mide 0.2 a 0.6 mm de longitud.

En los estambres cortos, la antera mide 0.4 a 0.5 mm de longitud en el fenotipo **güingure**, 0.3 a 0.5 de longitud para el fenotipo **roja**, en los fenotipos **gorda** y **negra** mide 0.1 a 0.5 mm, mientras que en los fenotipos **negra** y **redonda** miden 0.5 mm de longitud (Cuadro No. 7c); estos resultados son similares a los establecidos por Hernández y Yañez (1980) en su trabajo realizado en Veracruz, en donde proponen un valor de 0.61 ± 0.31 mm de longitud en las anteras.

5.7.7. Tamaño del filamento

Con relación a la longitud del filamento, en la serie de los estambres cortos se presenta un promedio de 1.4 mm de longitud en los seis fenotipos de ciruela *Spondias*. Mientras que la serie de los estambres largos, la longitud del filamento en el fenotipo **gorda** es de 2.3 mm, el filamento del fenotipo **güingure** mide 2.2 mm de longitud; para los fenotipos **negra** y **roja** es de 2 mm, el del fenotipo **redonda** mide 1.9 mm de longitud y el filamento del fenotipo **amarilla** mide 1.5 mm de longitud (Cuadro No. 7c); en este caso, los resultados obtenidos no coinciden con lo propuesto por Hernández y Yañez (1980), que presentan un promedio general de 3.0 a 7.0 mm de longitud en los filamentos de los 4 tipos de ciruela *Spondias purpurea* de Veracruz.

Cuadro No. 7a. Características del androceo.

FENOTIPOS DE CIRUELA <i>Spondias</i>	CARACTERÍSTICAS					
	NÚMERO DE ESTAMBRES	NOMBRE DADO POR LOS ESTAMBRES	LONGITUD DE LOS ESTAMBRES GRANDES (mm)	LONGITUD DE LOS ESTAMBRES PEQUEÑOS (mm)	TIPO DE ESTAMBRES	RELACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE ESTAMBRE Y PÉTALOS
AMARILLA	10	Poliandras	1.6 a 1.8	1.3 a 1.7	Dialistémono	Diplostémonos
GORDA	10	Poliandras	1.9 a 2.6	1.4 a 1.7	Dialistémono	Diplostémonos
NEGRA	10	Poliandras	1.8 a 2.2	1.4 a 1.6	Dialistémono	Diplostémonos
REDONDA	10	Poliandras	1.7 a 2.1	1.2 a 1.5	Dialistémono	Diplostémonos
ROJA	10	Poliandras	2.1 a 2.5	1.3 a 1.5	Dialistémono	Diplostémonos
GÜINGURE	10	Poliandras	2.3 a 2.5	1.2 a 1.5	Dialistémono	Diplostémonos

Cuadro No. 7b. Características del androceo (continuación).

FENOTIPOS DE CIRUELA <i>Spondias</i>	CARACTERÍSTICAS				
	COLOR DE ESTAMBRES	FORMA DE LAS ANTERAS	INSERCIÓN DE LA ANTERA	ORIENTACIÓN DE LAS ANTERAS	TIPO DE DEHISCENCIA
AMARILLA	Amarillo pálido	Obladas ovoidales	Dorsifija	Introrsa	Longitudinal
GORDA	Amarillo	Obladas ovoidales	Dorsifija	Introrsa	Longitudinal
NEGRA	Amatrillo pálido	Obladas ovoidales	Dorsifija	Introrsa	Longitudinal
REDONDA	Amarillo pálido	Obladas ovoidales	Dorsifija	Introrsa	Longitudinal
ROJA	Amarillo	Obladas ovoidales	Dorsifija	Introrsa	Longitudinal
GÜINGURE	Amarillo	Obladas ovoidales	Dorsifija	Introrsa	Longitudinal

Cuadro No. 7c. Características del androceo (continuación).

FENOTIPOS DE CIRUELA <i>Spondias</i>	CARACTERÍSTICAS			
	TAMAÑO DE LA ANTERA EN LOS ESTAMBRES LARGOS (mm)	TAMAÑO DE LA ANTERA EN LOS ESTAMBRES CORTOS (mm)	TAMAÑO DEL FILAMENTO EN LOS ESTAMBRES LARGOS (mm)	TAMAÑO DEL FILAMENTO EN LOS ESTAMBRES CORTOS (mm)
AMARILLA	0.6 a 0.7	0.5	1.5	1.4
GORDA	0.3 a 0.5	0.1 a 0.5	2.3	1.4
NEGRA	0.2 a 0.6	0.1 a 0.5	2.0	1.4
REDONDA	0.6 a 0.9	0.5	1.9	1.4
ROJA	0.5 a 1.0	0.3 a 0.5	2.0	1.4
GUINGURE	0.7 a 1.1	0.4 a 0.5	2.2	1.4

5.8. Características del gineceo

5.8.1. Tipo de gineceo

El gineceo o aparato sexual femenino en los seis fenotipos de ciruela *Spondias* es de tipo Sincárpico (Figura No. 8), los carpelos están soldados entre sí parcialmente (Cuadro No. 8a).

5.8.2. Tamaño del gineceo

El tamaño del gineceo difiere de acuerdo al fenotipo de ciruela: el fenotipo **güingure** mide 3.9 mm de longitud, para el fenotipo **amarilla** y **negra** miden 3.7 y 3.5 mm de longitud, respectivamente. La longitud de estos tres fenotipos en estudio son mayores a los presentados por Hernández y Yañez (1980), en 4 tipos de ciruela *Spondias purpurea*: roja, roja carnuda, cabeza de loro y joba de Veracruz. Mientras que el fenotipo **roja** en estudio, con 3.0 mm de longitud coincide con el tipo roja carnuda de Veracruz, está presenta un rango de 2.86 ± 0.15 mm de longitud; así mismo el fenotipo **gorda** mide 2.8 mm y concuerda con los rangos de los tipos de

Veracruz: roja carnuda, joba y roja, este último con un rango de 2.20 ± 60 mm. El gineceo del fenotipo **redonda** mide en promedio 2.3 mm de longitud (Cuadro No. 8a), el cual si esta dentro de los rangos establecidos por Hernández y Yañez (1980) de los tipos de *Spondias purpurea*: roja cabeza de loro y joba, establecidos en una huerta de Veracruz.

5.8.3. Disco

Por debajo del ovario se presenta un disco anular (Figura No. 8), grueso, carnoso y de forma lobulada-ovalada, lo que coincide con lo propuesto por Avitia (1997b) y Fonseca (1998). El color del disco en fresco de los fenotipos de ciruela *Spondias*: **gorda**, **negra**, **redonda**, **roja** y **güingure** es 3/6 que pertenece al color rojo oscuro Hue 7.5 R y sólo el fenotipo **amarilla** presenta un color 7/3 amarillo ligero Hue 5Y (Cuadro No. 8a), de acuerdo a la comparación del color con las tablas de Munsell; sin embargo, cuando las flores se dejaron secar, el disco cambio de tonalidades; en el caso del fenotipo **amarilla** se presentó un color amarillo olivo, el fenotipo **negra** cambio su color del disco a un color rojo óxido; el fenotipo **redonda** a un color naranja oscuro; el color del disco en el fenotipo **gorda** cambio a un naranja y para los fenotipos **roja** y **güingure** el color del disco cambió a un rojo bermellón. Cabe mencionar que los colores que presentaron dichos discos en seco, son muy semejantes a los colores que presentaron los frutos en cada uno de los fenotipos de ciruela *Spondias*.

5.8.4. Tamaño del disco

Con respecto al tamaño del disco, en el caso del fenotipo **roja** presenta un diámetro de 2.0 a 2.5 mm, para los fenotipos **negra** y **redonda** se tiene un diámetro de 2.0 a 2.3 mm, el disco del fenotipo **amarilla** mide 1.8 a 2.5 mm de diámetro; para el fenotipo **güingure** con 1.5 a 2.0 mm de diámetro y en el fenotipo **gorda** es de 1.5 a 3.0 mm de diámetro (Cuadro No. 8a); estos resultados solo coinciden con el tipo cabeza de loro de Veracruz, que presenta un rango de 1.11 ± 0.96 mm, en el caso de

los otros tres tipos de Veracruz: roja, roja carnuda y joba son menores a los resultados obtenidos.

El grosor del disco en el fenotipo **roja** es de 1.0 a 1.5 mm, en **redonda** mide 1.5 mm, en **güingure** mide 0.5 a 1.3 mm de grosor, 1.0 mm para el fenotipo **negra** y el grosor del disco en los fenotipos **gorda** y **amarilla** es de 0.7 a 1.0 y 0.4 a 1.0 mm, respectivamente (Cuadro No. 8a).

5.8.5. Tamaño del ovario

Con relación al tamaño del ovario para los seis fenotipos de ciruela *Spondias* difiere: la longitud para los fenotipos **güingure** y **amarilla** es de 2.5 mm; el ovario del fenotipo **gorda** mide 2.2 mm de longitud; 2.3 mm de longitud para el fenotipo **negra**, mientras que la longitud del ovario para los fenotipos **roja** y **redonda** es de 2.1 y 1.8 mm, respectivamente (Cuadro No. 8b).

5.8.6. Color del ovario

El color del ovario inmaduro en todos los fenotipos de ciruela *Spondias* es 7/2 verde limón Hue 10 Y a 6/6 verde olivo Hue 5 Y pero al fecundarse, el color del ovario es 6/3 amarillo olivo Hue 7.5 Y para el fenotipo **amarilla** y el resto de los fenotipos presentan un color 3/6 rojo oscuro Hue 7.5 R (Cuadro No. 8b).

5.8.7. Forma y posición del ovario

La forma del ovario es ovalada; con una posición súpera (Figura No. 8), debido a que el ovario se sitúa por encima de la inserción de los demás verticilos florales en el talamo (Cuadro No. 8b).

5.8.8. Lóculos

En general, presentan 4 lóculos, sin embargo el fenotipo **gorda**, algunas veces tiene 3 lóculos y los fenotipos **roja** y **güingure** 5 lóculos (Cuadro No. 8c), tal y como lo establece León (1968): el género *Spondias* presenta de 3 a 5 celdas; así mismo, Hernández y Yañez (1980), en su estudio realizado en 4 tipos de ciruela *Spondias* de Veracruz, proponen 4 lóculos; también lo establece Fonseca (1998) para los tipos de Yucatán.

5.8.9. Placentación

La placentación es de tipo axial (Cuadro No. 8c) en los diferentes fenotipos, ya que tiene la placenta sobre un eje central conectado a ambos extremos, tal y como lo establece Avitia (1997b) en su trabajo sobre la fenología y dioecia de 4 tipos de ciruela *Spondias purpurea* en el Estado de Morelos; pero no concuerda con lo establecido por Hernández y Yañez (1980), quienes mencionan que la placentación es de tipo central-apical.

5.8.10. Número y color de los estigmas

En el caso de los estigmas, son 4 en promedio en los 6 fenotipos de ciruela *Spondias* y se caracterizan por ser cortos y corpulentos; son de color 8/3 amarillo pálido Hue 7.5 Y en el fenotipo **amarilla**, para los fenotipos **gorda**, **redonda** y **güingure** el estigma es de color 4/6 rojo Hue 7.5 R, mientras que los fenotipos **negra** y **roja** presentan un color 5/3 rojo cenizo Hue 10R según las tablas de Munsell (Cuadro No. 8c).

5.8.11. Número y color de estilos

También en los fenotipos de ciruela *Spondias* se presentan cuatro estilos, tal y como lo menciona Fonseca (1998). El color de los estilos pertenece a 4/6 rojo Hue

7.5 R, excepto en el fenotipo **amarilla** que es 8/3 amarillo pálido Hue 7.5 Y (Cuadro No. 8d).

5.8.12. Número y forma de los óvulos

El óvulo presenta forma de gota y solo presenta uno (Cuadro No. 8d) para los seis fenotipos de ciruela.

Cuadro No. 8a. Características del gineceo.

FENOTIPOS DE CIRUELA <i>Spondias</i>	CARACTERISTICAS				
	TIPO DE GINECEO	LONGITUD DEL GINECEO (mm)	COLOR DEL DISCO	GROSOR DEL DISCO (MM)	DIAMETRO DEL DISCO (mm)
AMARILLA	Sincárpico	3.7	7/3 amarillo ligero Hue 5Y	0.4 a 1.0	1.8 a 2.5
GORDA	Sincárpico	2.8	3/6 rojo obscuro Hue 7.5R	0.6 a 1.0	1.5 a 3.0
NEGRA	Sincárpico	3.5	3/6 rojo obscuro Hue 7.5R	1.0	2.0
REDONDA	Sincárpico	2.3	3/6 rojo obscuro Hue 7.5R	1.5	2.0
ROJA	Sincárpico	3.0	3/6 rojo obscuro Hue 7.5R	1.0 a 1.5	2.0 a 2.5
GÜINGURE	Sincárpico	3.9	3/6 rojo obscuro Hue 7.5R	0.5 a 1.3	1.5 a 2.0

Cuadro No. 8b. Características del gineceo (continuación).

FENOTIPOS DE CIRUELA <i>Spondias</i>	CARACTERISTICAS				
	LONGITUD DEL OVARIO (mm)	DIAMETRO DEL OVARIO (mm)	COLOR DEL OVARIO	FORMA DEL OVARIO	POSICIÓN DEL OVARIO
AMARILLA	2.5	1.4	6/3 amarillo olivo Hue 7.5Y	Ovalado	Súpero
GORDA	2.2	1.7	3/6 rojo obscuro Hue 7.5R	Ovalado	Súpero
NEGRA	2.3	1.9	3/6 rojo obscuro Hue 7.5R	Ovalado	Súpero
REDONDA	1.8	1.3	3/6 rojo obscuro Hue 7.5R	Ovalado	Súpero
ROJA	2.1	1.5	3/6 rojo obscuro Hue 7.5R	Ovalado	Súpero
GÚINGURE	2.5	1.8	3/6 rojo obscuro Hue 7.5R	Ovalado	Súpero

Cuadro No. 8c. Características del gineceo (continuación).

FENOTIPOS DE CIRUELA <i>Spondias</i>	CARACTERÍSTICAS			
	LOCULOS DEL OVARIO	TIPO DE PLACENTACIÓN	NUMERO DE ESTIGMAS	COLOR DE ESTIGMAS
AMARILLA	4	Axial	4	8/3 amarillo pálido Hue 7.5Y
GORDA	4 (3)	Axial	4 (3)	4/6 rojo Hue 7.5R
NEGRA	4	Axial	4	5/3 rojo cenizo Hue 10R
REDONDA	4	Axial	4	4/6 rojo Hue 7.5R
ROJA	4 (5)	Axial	4 (5)	5/3 rojo cenizo Hue 10R
GUINGURE	4 (5)	Axial	4 (5)	4/6 rojo Hue 7.5R

Cuadro No. 8d. Características del gineceo (continuación).

FENOTIPOS DE CIRUELA <i>Spondias</i>	CARACTERÍSTICAS			
	NUMERO DE ESTILOS	COLOR DE ESTILOS	NUMERO DE ÓVULOS	FORMA DE LOS ÓVULOS
AMARILLA	4	8/3 amarillo pálido Hue 7.5Y	1	Gota
GORDA	4 (3)	4/6 rojo Hue 7.5R	1	Gota
NEGRA	4	4/6 rojo hue 7.5R	1	Gota
REDONDA	4	4/6 rojo Hue 7.5R	1	Gota
ROJA	4 (5)	4/6 rojo Hue 7.5R	1	Gota
GUINGURE	4 (5)	4/6 rojo Hue 7.5R	1	Gota

5.9. Características del fruto

El desarrollo del fruto en los seis fenotipos de ciruela se presenta en ausencia de hojas, por lo que este tipo de ciruelas es importante para las zonas con escases de agua ya que el desarrollo del fruto se lleva a cabo con las reservas del tronco sin la necesidad de la aplicación de agua suplementaria (Olmedo, 1992).

5.9.1. Tipo de fruto

Los frutos en los seis fenotipos de ciruela *Spondias* son carnosos simples por presentar un pericarpio succulento, considerado botánicamente una drupa (Fotografías No. 5-10) (cuadro No. 9a): con un exocarpio delgado; mesocarpio grueso, carnosos y de color amarillo y endocarpios obovoides, duros, cubiertos por una matriz fuerte, tosca y fibrosa; la formación del exocarpio ocurre durante el desarrollo del fruto, las células internas de la pared del ovario presentan una acumulación intensa de taninos, lo que posteriormente se lignifica formando la estructura que vulgarmente se conoce como "hueso", pero biológicamente semilla, mientras que la porción comestible se origina de la parte externa del ovario compuesto (Chávez, et. al., 1981).

5.9.2. Tipo y forma de epidermis

Los frutos se encuentran de 1 a 6 por racimo, en los diferentes fenotipos de ciruela *Spondias* (Fotografías No. 11 y 12); la epidermis es poco resistente y lisa en los fenotipos de ciruela, excepto en el fenotipo **güingure**, que presenta unas pequeñas rugosidades.

5.9.3. Color del fruto

El color que presenta el fruto de la ciruela **amarilla** es amarillo limón, el fenotipo **gorda** tiene un color naranja, mientras que el fenotipo **negra** presenta un

color rojo óxido, el fruto de la ciruela **redonda** es de color naranja oscuro y los fenotipos **roja** y **güingure** son de color rojo bermellón (Cuadro No. 9a).

5.9.4. Tamaño del fruto

Con respecto, al diámetro polar de los frutos, en los 6 fenotipos de ciruela *Spondias* adquirió valores de 2.50 a 4.22 cm; el fenotipo **gorda** con un diámetro polar de 4.22 cm; para el fenotipo **güingure** el diámetro polar mide 3.50 cm; el diámetro polar para el fenotipo **negra** es de 3.32 cm; 3.0 cm de diámetro polar para el fenotipo **redonda**; mientras que el fenotipo **roja** presenta un diámetro polar de 2.75 cm y el fenotipo **amarilla** 2.50 cm de diámetro polar (Cuadro No. 9b); los fenotipos **gorda**, **negra** y **redonda** estan dentro de los rangos de 3.0 a 5.0 cm de diámetro polar, establecidos por Little, et al., (1967); León (1968) y Barrios y De la Cruz (1980). Mientras que los fenotipos **roja** y **amarilla** coinciden con lo establecido por Airy y Forman (1967); Fonseca (1998), quienes proponen un rango de 2.0 a 3.0 cm de diámetro polar.

Para el diámetro ecuatorial, es mayor para el fenotipo **gorda** con 3.33 cm; 2.96 cm para el fenotipo **negra**; el fenotipo **roja** presenta un diámetro ecuatorial de 2.75 cm; el diámetro ecuatorial para los fenotipos **redonda** y **güingure** es de 2.60 cm y para el fenotipo **amarilla** es de 2.50 cm; los datos aquí mencionados concuerdan con lo propuesto por Barrios y De la Cruz (1980), solo el diámetro ecuatorial del fenotipo **gorda** es mayor.

5.9.5. Índice de redondez

En lo referente, al índice de redondez es 1 para los fenotipos **amarilla** y **roja**; índice de redondez de 0.8915 para el fenotipo **negra**; para el fenotipo **redonda** es de 0.8666; el fenotipo **gorda** con 0.7890 de índice de redondez; mientras que para el fenotipo **güingure** es de 0.7400 (Cuadro No. 9b); en la medida que el índice de redondez se acerca a la unidad, los diámetros son más parecidos y, por tanto, los

frutos son más esféricos como en los fenotipos **amarilla** y **roja**; sin embargo, los otros fenotipos **negra**, **redonda**, **gorda** y **güingure** presentan una forma oblonga.

5.9.6. Peso del fruto

El peso promedio del fenotipo **gorda** es de 26.0 gr, 16.87 gr para el fenotipo **negra**; el peso promedio del fenotipo **roja** es de 14.63 gr; el fenotipo **güingure** con 14.36 gr; mientras que el fenotipo **redonda** presenta un peso promedio de 13.20 gr y para el fenotipo **amarilla** de 9.0 gr (Fotografías No. 5-10) (Cuadro No. 9b).

Al comparar la productividad de los árboles, es mayor en el fenotipo **güingure** con 1 420 frutos por árbol; el fenotipo **amarilla** con 680 frutos; los fenotipos **gorda** y **redonda** con 600 frutos por árbol, mientras que el fenotipo **roja** con 550 frutos y el de menor producción es el fenotipo **negra** con 520 frutos por árbol. En este caso, la alta productividad de los árboles radica en el tamaño del árbol, así como la alta densidad de flores.

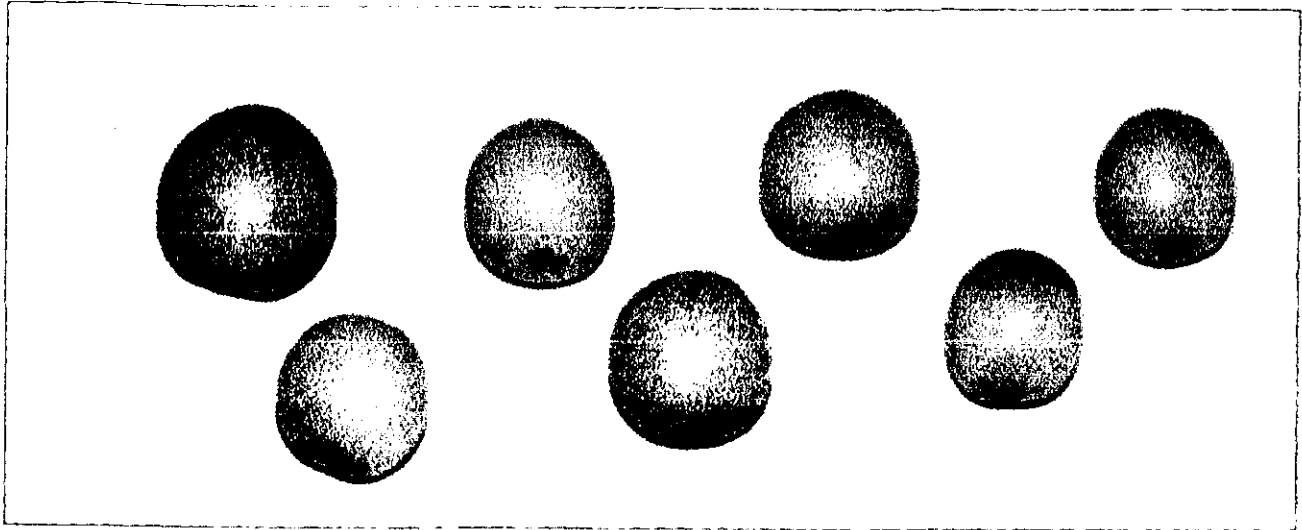
Por otro lado, la ciruela del género *Spondias*, podría dar un ingreso mayor que los cultivos básicos, ya que tiene posibilidades de transformarse en un cultivo principal e industrial. Si cambiaran los objetivos de producción, se podrían asegurar mayores ingresos a los productores de recursos limitados. Estos ajustes surgirán con base a las relaciones que se formen entre los consumidores y los productores.

Cuadro No. 9a. Características del fruto.

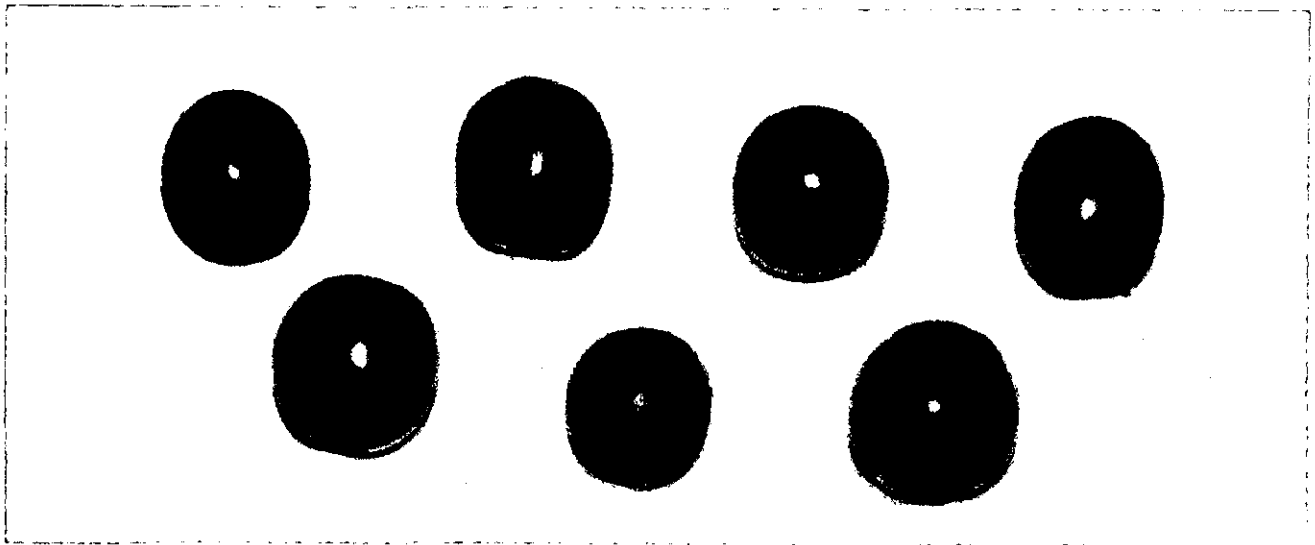
FENOTIPOS DE CIRUELA <i>Spondias</i>	CARACTERÍSTICAS		
	TIPO DE FRUTO	COLOR DEL FRUTO	TIPO Y FORMA D LA EPIDERMIS
AMARILLA	Drupa	Amarillo limón	Lisa
GORDA	Drupa	Naranja	Lisa
NEGRA	Drupa	Rojo óxido	Lisa
REDONDA	Drupa	Naranja obscuro	Lisa
ROJA	Drupa	Rojo bermellón	Lisa
GÜINGURE	Drupa	Rojo bermellón	Con rugosidades

Cuadro No. 9b. Características del fruto (continuación).

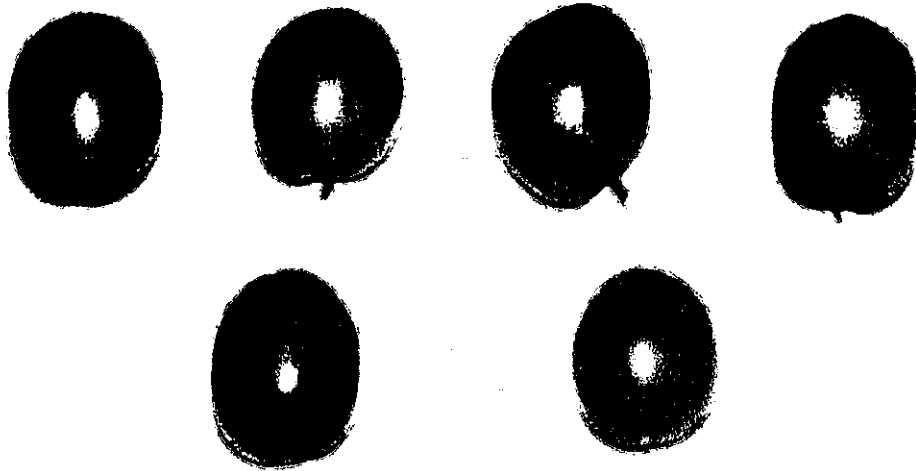
FENOTIPOS DE CIRUELA <i>Spondias</i>	CARACTERÍSTICAS			
	DIAMETRO POLAR DEL FRUTO (cm)	DIAMETRO ECUATORIAL DEL FRUTO (cm)	INDICE DE REDONDEZ DEL FRUTO	PESO DEL FRUTO (gr)
AMARILLA	2.50	2.50	1.0	9.00
GORDA	4.22	3.33	0.7890	26.00
NEGRA	3.32	2.96	0.8915	16.87
REDONDA	3.00	2.60	0.8666	13.20
ROJA	2.75	2.75	1.0	14.63
GÜINGURE	3.50	2.60	0.7400	14.36



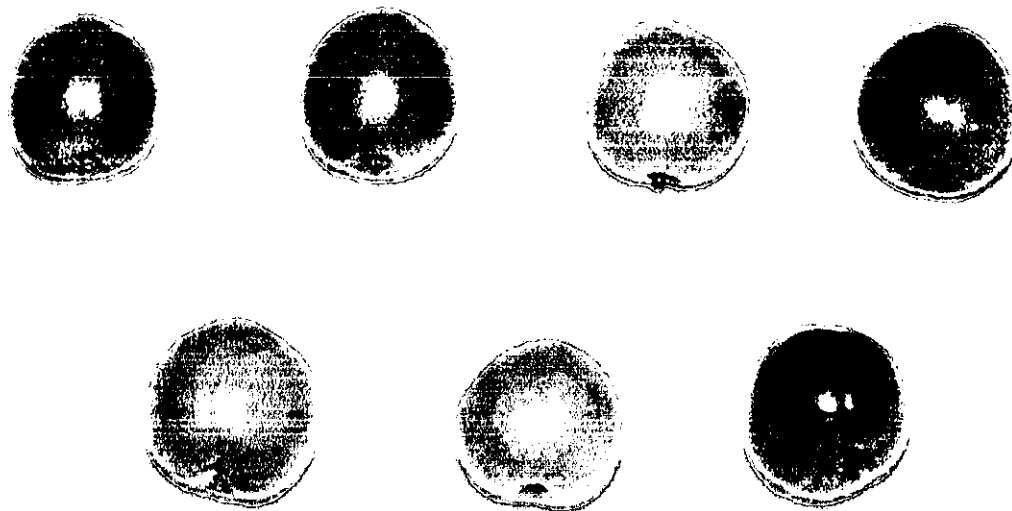
Fotografia No. 5. Frutos del fenotipo amarilla.



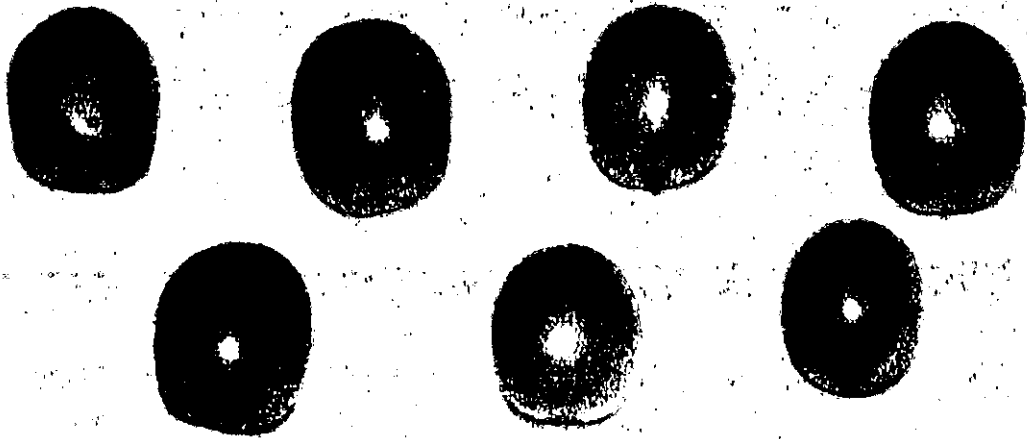
Fotografia No. 6. Frutos del fenotipo negra.



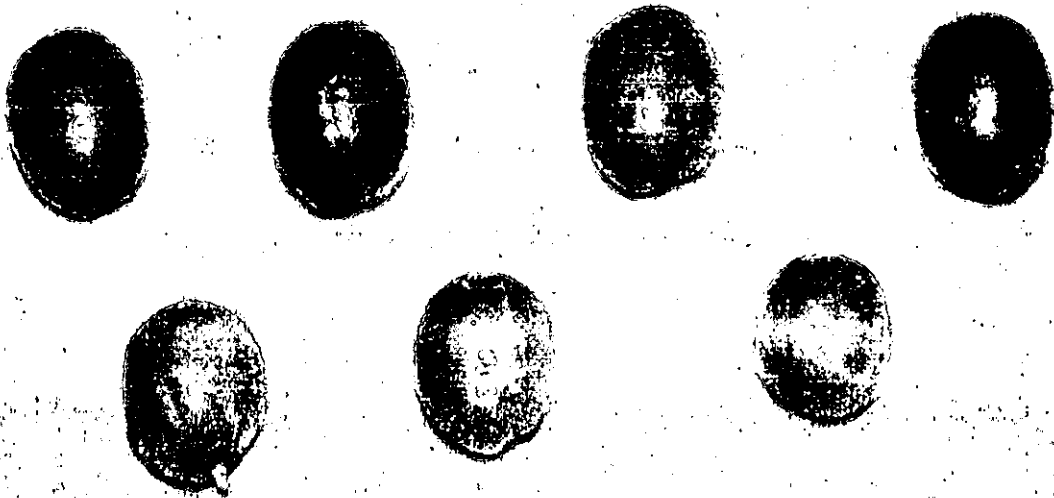
Fotografía No. 7. Frutos del fenotipo gorda.



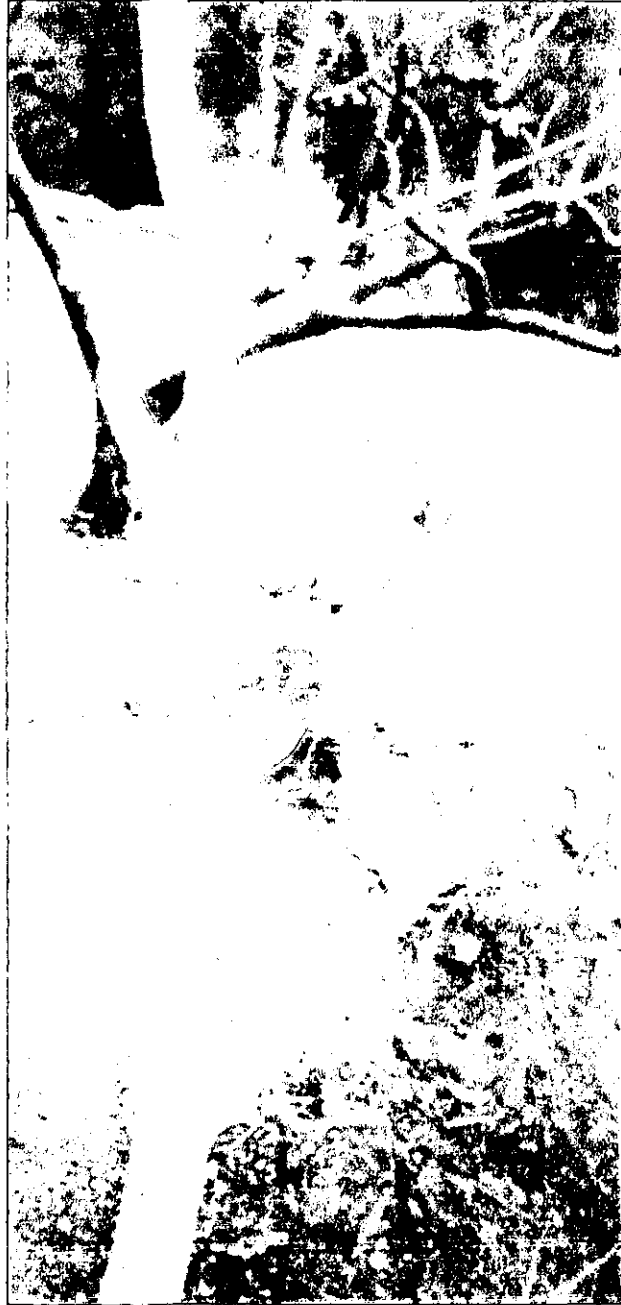
Fotografía No. 8. Frutos del fenotipo redonda.



Fotografía No. 9. Frutos del fenotipo roja.



Fotografía No. 10. Frutos del fenotipo güingure.



Fotografía No. 11. Racimos de 1 a 6 frutos.



Fotografía No. 12. Posición de los frutos en el árbol del fenotipo güingure.

5.10. Características de la semilla

La semilla es comparativamente delgada de una sola capa, marcada en la parte exterior con 4 lomos delgados y prominentes de los cuales irradian fibras que se extienden en todas direcciones (Figura No. 10), tal y como lo mencionan Barrios y De la Cruz (1980); entre las fibras se hallan los restos de semillas mal formadas en forma de escama (León, 1968).

5.10.1. Color de la semilla

Los seis fenotipos de ciruela *Spondias* en estudio, presentan semillas de color amarillo (Cuadro No 10a), pero solo 5 presentan embrión: **amarilla, negra, redonda, roja y güingure**.

5.10.2. Tamaño de la semilla

La longitud de las semillas va de 1.51 a 3.0 cm, en el fenotipo **gorda** mide 3.0 cm de longitud, 2.40 cm para el fenotipo **güingure**, en los fenotipos **roja, redonda y negra** la semilla mide 1.78, 1.70 y 1.63 cm de longitud respectivamente, mientras que el fenotipo **amarilla** presenta una longitud de 1.51 cm (Cuadro No. 10a).

Con respecto al diámetro de la semilla es de 1.80 cm para el fenotipo **gorda**, en el caso de los fenotipos **redonda** y **negra** el diámetro es de 1.43 y 1.40 cm respectivamente, 1.30 cm para el fenotipo **güingure** y el diámetro de la semilla del fenotipo **roja** es de 1.21 cm, mientras que en la **amarilla** mide 1.16 cm de diámetro (Cuadro No 10a).

5.10.3. Peso de la semilla

El peso de las semillas es de 4.29 gr en promedio para el fenotipo **gorda**, 2.49 gr para el fenotipo **redonda**, 1.95 y 1.85 gr en los fenotipos **roja** y **güingure**

respectivamente, el peso de la semilla del fenotipo **negra** es de 1.66 gr y en el fenotipo **amarilla** la semilla pesa 1.08 gr (Cuadro No. 10a).

5.10.4. Color y forma del embrión

Los embriones se encuentran entre las fibras del endocarpio; están compuestos de reservas oleaginosas, tienen un aspecto de escama, pero la forma del embrión es elíptica, dura, de color blanca con una testa de color café y muy delgada (Cuadro No. 10b).

5.10.5. Tamaño del embrión

Por otro lado, la longitud del embrión en los fenotipos **negra** y **redonda** es de 0.90 cm; en el fenotipo **amarilla** mide 1.0 cm de longitud; el fenotipo **roja** con una longitud de 1.44 cm y el fenotipo **güingure** mide 1.50 cm de longitud (Cuadro No. 10b).

Del mismo modo, el diámetro es igual en los fenotipos **negra** y **redonda** con 0.25 cm; el diámetro del fenotipo **amarilla** es de 0.27 cm; el diámetro en el fenotipo **roja** es de 0.32 cm y el diámetro para el fenotipo **güingure** es de 0.34 cm (Cuadro No. 10b).

5.10.6. Número de embriones por semilla

Los fenotipos **amarilla**, **roja** y **güingure** presentan 2 embriones por fruto, este último fenotipo algunas veces tiene 3 embriones; mientras que los fenotipos **negra** y **redonda** solo presentan un embrión por semilla (Cuadro No. 10b). Se cree que los embriones extra en los tipos poliembriónicos son adventicios y se originan de la nucela o como resultado del injerto de los cotiledones o del hipocótilo (Juliano, 1934). Leroy (1947), sugiere que la embrionía adventicia probablemente se debe al efecto de uno o más genes recesivos. La hibridación entre diferentes estirpes trae

como consecuencia la recombinación de genes, lo que a su vez ocasiona la expresión de poliembrionía en un solo individuo.

La ausencia del embrión en la semilla del fenotipo **gorda**, puede deberse a la falta de plantas macho (Avitia, 1997b); a una mala polinización, o por ineficiencia de los agentes polinizadores (viento o insectos), hasta la fecha esto no ha sido bien aclarado al igual que para otros frutales (Nakasone, 1987 y Socias, et. al., 1987).

Cuadro No. 10a. Características de la semilla.

FENOTIPOS DE CIRUELA <i>Spondias</i>	CARACTERÍSTICAS			
	COLOR DE LA SEMILLA	LONGITUD DE LA SEMILLA (cm)	DIAMETRO DE LA SEMILLA (cm)	PESO DE LA SEMILLA (gr)
AMARILLA	Amarilla	1.51	1.16	1.08
GORDA	Amarilla	3.00	1.80	4.29
NEGRA	Amarilla	1.63	1.40	1.66
REDONDA	Amarilla	1.70	1.43	2.49
ROJA	Amarilla	1.78	1.21	1.95
GUINGURE	Amarilla	2.40	1.30	1.85

Cuadro No. 10b. Características de la semilla (continuación).

FENOTIPOS DE CIRUELA <i>Spondias</i>	CARACTERÍSTICAS					
	COMP. RESERVA	COLOR DEL EMBRIÓN	FORMA DEL EMBRIÓN	LONGITUD DEL EMBRIÓN (cm)	GROSOR DEL EMBRIÓN (CM)	No. DE EMBRIONES POR SEMILLA
AMARILLA	Oleginoso	Blanco	Elíptico	1.0	0.27	2
GORDA	-----	-----	-----	-----	-----	-----
NEGRA	Oleginoso	Blanco	Elíptico	0.90	0.25	1
REDONDA	Oleginoso	Blanco	Elíptico	0.90	0.25	1
ROJA	Oleginoso	Blanco	Elíptico	1.44	0.32	2
GUINGURE	Oleginoso	Blanco	Elíptico	1.50	0.34	2 (3)

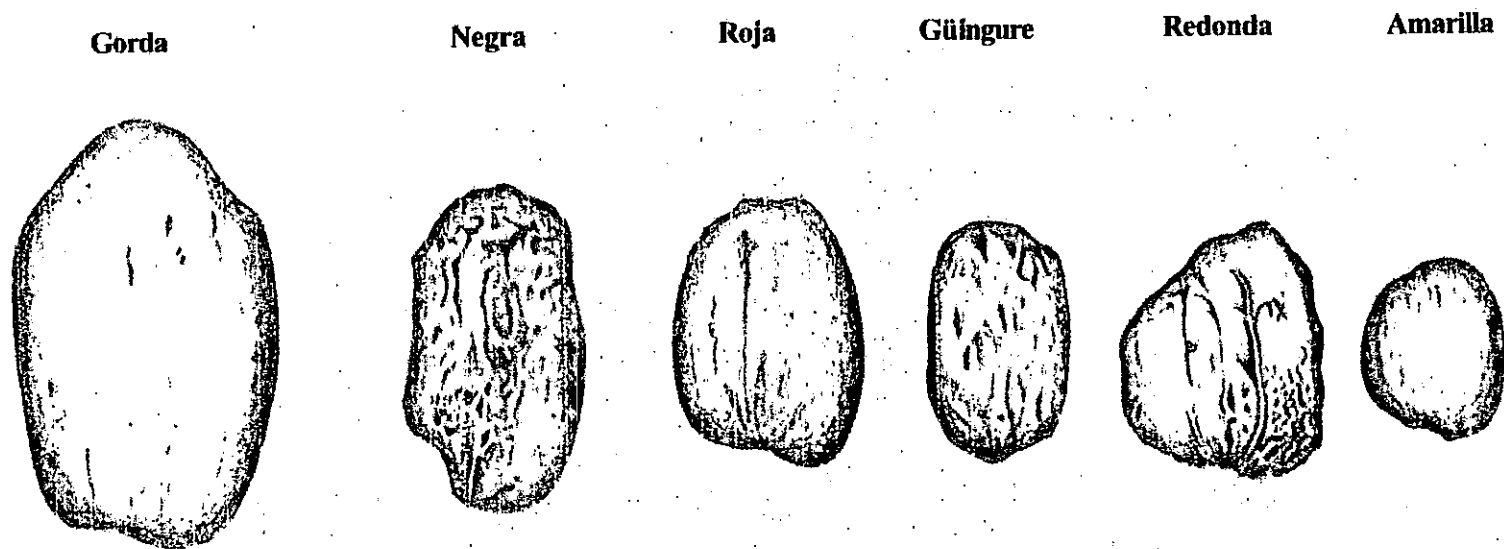


Figura No.10. Semillas de los diferentes fentipos de ciruelas *Spondias*.

5.11. Fenología

Los seis fenotipos de ciruela *Spondias* en estudio se encuentran dentro del grupo de la estación seca, por producir sus frutos de febrero a mayo.

Como un punto muy importante en los datos fenológicos, es que en el período de foliación, fue interrumpido por un defoliador que pertenece a la Subfamilia Euteliinae (Bautista, 1999), que atacó severamente a los árboles en estudio, en dos ocasiones: la primera a finales de julio y la segunda en el mes de septiembre, quedando completamente defoliados. Y fue hasta el 17 de octubre de 1998, que los árboles del fenotipo **redonda** llegaron al punto máximo de foliación, mientras que los demás fenotipos llegaron a un 80 % de foliación. Aunque para el mes de noviembre, se presentaba un 70 % de foliación en malas condiciones. El ataque del defoliador ocasionó un desfase de la producción del año 1999, por lo menos de dos meses.

Fenotipo **amarilla**: el inicio de la floración ocurre de enero hasta finales de febrero, con una plena floración del 25 de enero al 7 de febrero, 1998; el amarre de frutos se presentó en el mes de febrero; mientras que el período de crecimiento de flor a fruto fue de febrero a mayo; el crecimiento y desarrollo del fruto es de mediados de marzo y a principios de abril; el período de foliación es de junio a noviembre (Cuadro No. 11),

Fenotipo **gorda**: de enero a finales de marzo ocurre la floración, presentándose la plena floración el 7 de febrero; mientras que el amarre de frutos se dio a mediados del mes marzo (Cuadro No. 11); los primeros frutos aparecen a finales de marzo encontrándolos hasta mayo; la foliación es de junio a noviembre, aunque en marzo se encontraron pocas hojas, y a principios del mes de julio ya se presentaba la plena foliación (Fotografías No. 13 y 14).

Fenotipo **negra**: las primeras flores aparecen en el mes de enero, con una brotación lenta, llegando a plena floración a principios de marzo; el amarre de frutos se dio en marzo y por lo tanto empiezan a aparecer los primeros frutos en este mes, siendo el crecimiento del fruto de marzo al mes de mayo; mientras que el periodo de foliación se presentó en los meses de junio a noviembre, alcanzando hasta un 80% de hojas por árbol en el mes de julio (Cuadro No. 11).

Fenotipo **redonda**: la floración dio inicio a finales del mes de enero al mes de febrero; ya para el 7 de febrero alcanza la plena floración después se observa una caída de flor; el amarre de frutos es durante febrero y marzo, por lo que el crecimiento flor a fruto se presenta en este mes; el crecimiento y desarrollo del fruto ocurre de abril a principios de junio, por su parte la foliación es de junio a noviembre, presentándose la plena foliación en el mes de julio. Después del ataque del defoliador se presenta un 100% de foliación en el mes de octubre (Cuadro No. 11).

Fenotipo **roja**: la floración se presentó de enero a finales de febrero, llegando a la plena floración el 25 de enero; el amarre de frutos es en febrero. El crecimiento de flor a fruto se dio durante febrero y abril, cabe mencionar que se presenta la mayor cantidad de frutos en el mes de marzo. La foliación es de junio a noviembre, presentando la plena foliación en junio (Cuadro No. 11).

Fenotipo **güingure**: la floración es durante febrero y marzo, la plena floración se presentó el 21 de febrero, por consecuencia el amarre de frutos se presentó en el mes de marzo, el crecimiento de flor a fruto se dio a mediados del mes de marzo; mientras que el crecimiento y desarrollo del fruto fue de marzo hasta finales de mayo. La foliación es de mayo a noviembre (Cuadro No. 11).



Fotografía No.13. Punto máximo de foliación.



Fotografía No.14. Crecimiento del fruto.

Cuadro No. 11. Características de la fenología.

FENOTIPOS DE CIRUELA <i>Spondias</i>	CARACTERÍSTICAS			
	FLORACION	AMARRE DE FRUTOS	CRECIMIENTO DE FLOR A FRUTO	FOLIACIÓN
AMARILLA	Ene a Feb	Feb	Feb a May	Jun a nov
GORDA	Ene a Mar	Mar	Mar a May	Jun a Nov
NEGRA	Ene a Mar	Mar	Mar a May	Jun a Nov
REDONDA	Ene a Feb	Feb a Mar	Mar a Jun	Jul a Nov
ROJA	Ene a Feb	Feb	Feb a Abr	Jun a Nov
GUINGURE	Feb a Mar	Mar	Mar a Nay	Jun a Nov

5.12. Relaciones filogenéticas

Es preciso señalar que los caracteres cualitativos aparecen como un magnífico instrumento para la identificación de fenotipos. Los caracteres cualitativos que comparten los seis fenotipos son los correspondientes a: 1) hábito de crecimiento de la planta; 2) forma del árbol, 3) tipo del tallo, 4) textura del tallo, 5) color de la corteza, 6) patrón de ramificación; 7) tipo de hoja, 8) patrón de nervación, 9) filotaxia, 10) tipo de ápice, 11) tipo de borde de la hoja, 12) forma y color de la hoja; 13) tipo y posición de la inflorescencia; 14) tipo de cáliz, 15) aspecto del cáliz, 16) forma del sépalo; 17) simetría de la flor, 18) tipo de flor, 19) tipo de corola, 20) forma de los pétalos; 21) tipo de estambre, 22) forma de la antera, 23) inserción de la antera, 24) orientación de la antera, 25) tipo de dehiscencia, 26) tipo de gineceo, 27) forma y posición del ovario, 28) tipo de placentación, 29) forma del óvulo, 30) tipo de fruto y 31) color de la semilla (Apéndice C).

Se considera que entre mayor es el número de correlación, mayor es la afinidad que presentan los fenotipos, es decir, es mayor su parentesco. Así que en la

primera matriz de similitud (Apéndice D) indica que hay una mayor relación filogenética entre los fenotipos **negra** y **redonda**, con una correlación de 1.0483, por lo que su afinidad es mayor a la de los otros fenotipos, ya que los fenotipos **redonda** y **negra** presentan 65 caracteres en común de un total de 253 y 63 caracteres sólo se presenta uno de los dos fenotipos. Por su parte, los fenotipos **roja** y **güingure** (segunda matriz, Apéndice D) también están relacionados entre sí, presentando una correlación de 0.9117, por lo que hay afinidad entre ellos, éstos dos fenotipos comparten 62 características en común y 68 caracteres sólo se presenta en uno de los dos fenotipos. Sin embargo, existe una relación entre los fenotipos **roja** y **güingure** con el fenotipo **gorda**, que presenta una similitud de 0.7475 (tercera matriz, Apéndice D), lo que se debe al color de las estructuras de la flor y el fruto, que son de tonalidades parecidas entre los tres fenotipos. Pero, el fenotipo **gorda**, presenta una afinidad menor que los otros debido al tamaño y peso del fruto, tamaño de la inflorescencia que es mayor que en el resto de los fenotipos además de que es el único fenotipo que no presenta semillas, es el grupo intermedio entre los grupos **Negra-Redonda** y **Roja-Güingure** (quinta matriz, Apéndice D), ya que presenta algunas características de ambos grupos.

Por su parte, el fenotipo **amarilla** se une con los fenotipos **negra** y **redonda**, con una correlación de 0.7315 (cuarta matriz, Apéndice D), esta relación se debe al tamaño de las estructuras de la flor y el fruto. Pero, es el fenotipo que se encuentra más alejado en cuanto a similitud, debido a que presenta características morfológicas que no comparte con el resto de los fenotipos destacando el color amarillo de sus estructuras florales y de su fruto, así como el tamaño que éste presenta, es menor. Los seis fenotipos presentan gran parentesco entre ellos, debido a que la similitud es mayor a 0.5 (0.6628), lo que indicará mayor afinidad entre sí.

De acuerdo a los datos obtenidos en el fenograma (Figura No.11) se establecen 4 grupos, que se presentan de mayor a menor afinidad: el primero lo conforman los fenotipos **negra** y **redonda**; en el segundo se encuentra el fenotipo

gorda; en el tercer grupo se ubican los fenotipos **güingure** y **roja**; el cuarto esta integrado por el fenotipo **amarilla**.

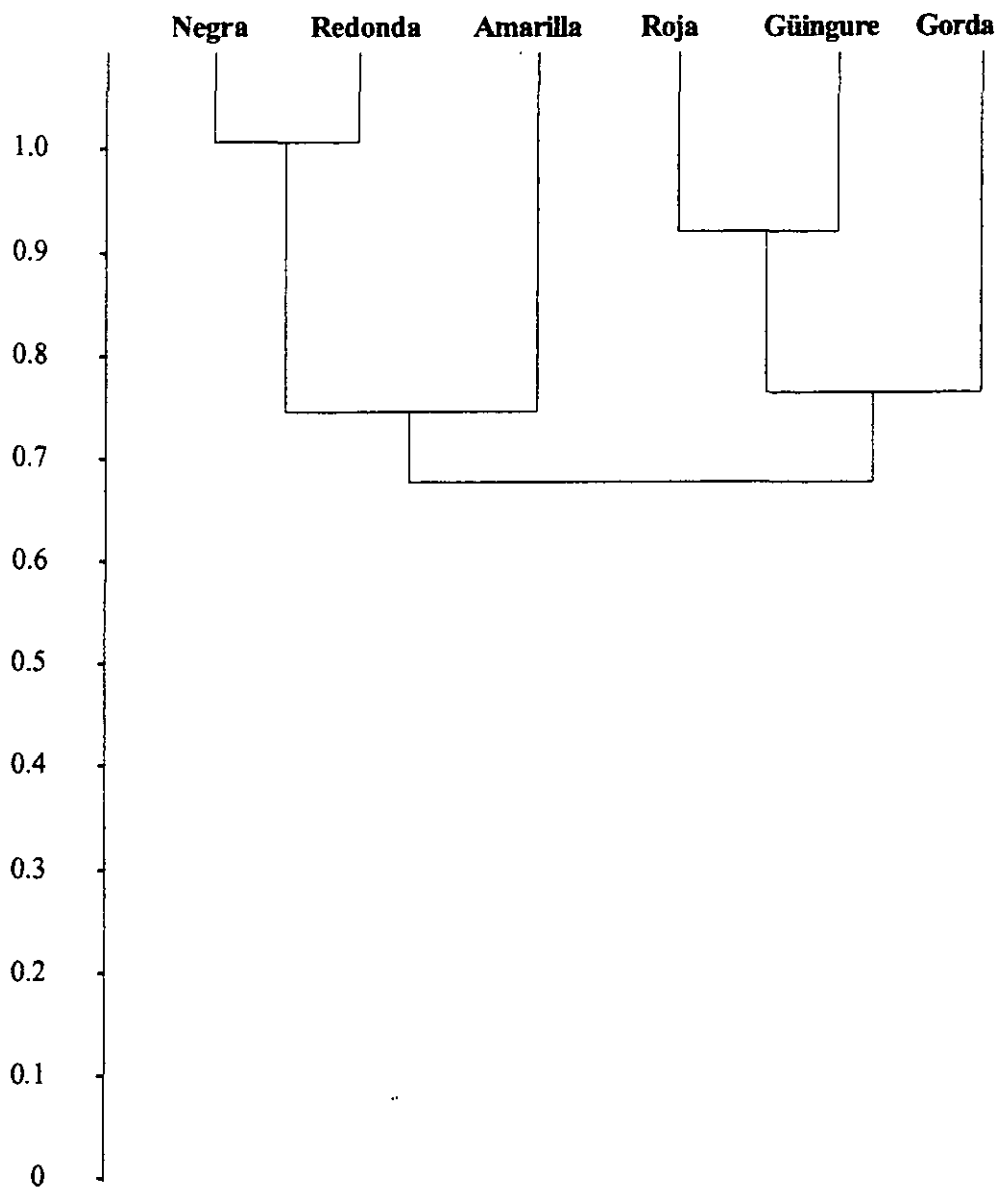


Figura No. 11. Fenograma de los seis fenotipos de ciruela *Spondias*

5.13. Patrones electroforéticos

Los cinco fenotipos de ciruela presentan las mismas bandas de proteínas, la concentración es mayor en las bandas más oscuras y menor en las bandas claras (Fotografía No. 15). Así, en los fenotipos **negra** y **redonda**, el Digitalizador de imágenes sólo distingue 4 bandas de proteínas, sin embargo, en el patrón electroforético se encuentran las 6 bandas, solo que dos de ellas no son muy notorias.

La variación genética no se determinó con base a la secuencia de aminoácidos, sino con relación al peso molecular de las proteínas de un marcador genético. En el corrimiento electroforético (Cuadro No. 12) se observaron 4 líneas de bandas que se presentan en los cinco fenotipos de *Spondias* (Fotografía No. 15). Son de mayor interés 2 líneas de bandas en donde el peso molecular de las proteínas de los cinco fenotipos de ciruela es muy marcado. La primera línea de bandas se encuentra por debajo de la banda de proteínas de Ovoalbumina que corresponde a un peso molecular de 45 000 Kd (kilodaltones), esta primera línea de bandas presenta los números en serie 3, 8, 13, 20 y 26, obteniéndose un peso molecular de 39 973 Kd para los fenotipos **amarilla**, **negra** y **redonda** (3, 8 y 13, respectivamente), para el fenotipo **roja** de 39 160 Kd (20) y el fenotipo **güingure** de 38 365 Kd (26). Una segunda línea de bandas que se encuentran entre las proteínas Anhidrasa-carbónico, con un peso molecular de 29 000 Kd y tripsinógeno de 24 000 Kd del marcador, con número en serie de 4, 9, 14, 22 y 27, presentando un peso molecular de 24 928 Kd para el fenotipo **amarilla** (4), el fenotipo **negra** de 25 973 Kd (9); para los fenotipos **redonda** y **güingure** (14 y 27) con 23 925 Kd y el fenotipo **roja** con un peso molecular de 28 196 Kd (22) (Cuadro No. 12 y Fotografía No. 15).

Al realizar el procedimiento de presencia-ausencia de las bandas de proteínas, se obtuvo un fenograma similar al realizado con las características morfológicas del árbol, considerando que en el corrimiento electroforético no existen bandas del fenotipo **gorda**. Encontrando que efectivamente se presenta mayor afinidad entre los fenotipos **negra** y **redonda** con 0.166, ya que presentan seis bandas similares, a estos

fenotipos se les aproxima el fenotipo **amarilla** con una correlación de 0.125. Por su parte, los fenotipos **roja** y **güingure**, presentan afinidad entre ellos. Así, los grupos **negra-redonda-amarilla** y **roja-güingure** se unen entre sí, con una correlación de 0.0655. Sin embargo se considera que los valores obtenidos son muy bajos, ya que están por abajo del 0.5 (Figura No. 11) (Apéndices E y F).

Cuadro No. 12. Peso molecular de las proteínas encontradas en los fenotipos de ciruela *Spondias*.

FENOTIPOS DE CIRUELA SPONDIAS	PESO MOLECULAR DE LAS BANDAS DE PROTEÍNAS (Kd)					
AMARILLA	54 043	53 283	39 973	24 928	11 425	9 496
NEGRA	-----	-----	39 973	25 973	14 320	8 749
REDONDA	-----	-----	39 973	23 925	12 151	9 305
ROJA	64 097	51 140	39 160	28 196	24 421	11 425
GÜINGURE	59 043	50 100	38 365	23 925	11 425	8 930

Negra Redonda Amarilla Roja Güingure

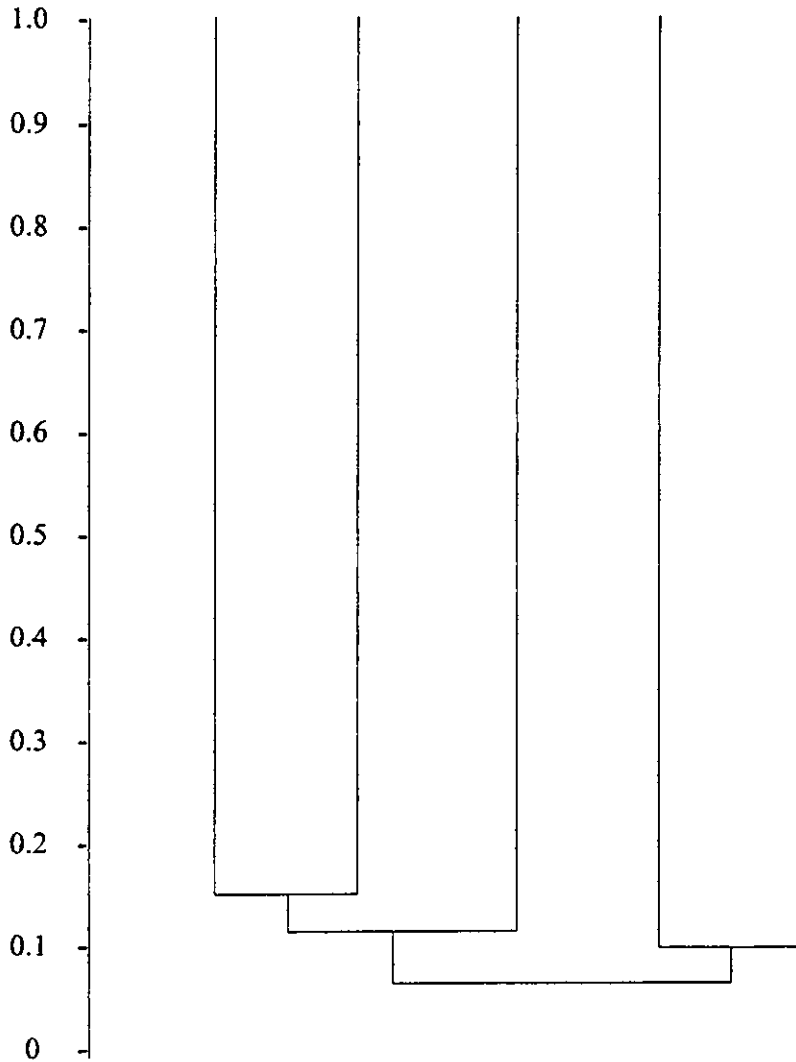


Figura No. 11. Fenograma del peso molecular de las proteínas de los seis fenotipos de ciruela *Spondias*.

Kd Marcador de bajo peso molecular

66000 Suero de Albúmina

45000 Ovalbúmina

36000 Gliceraldehído 3- P Dehidrogenasa

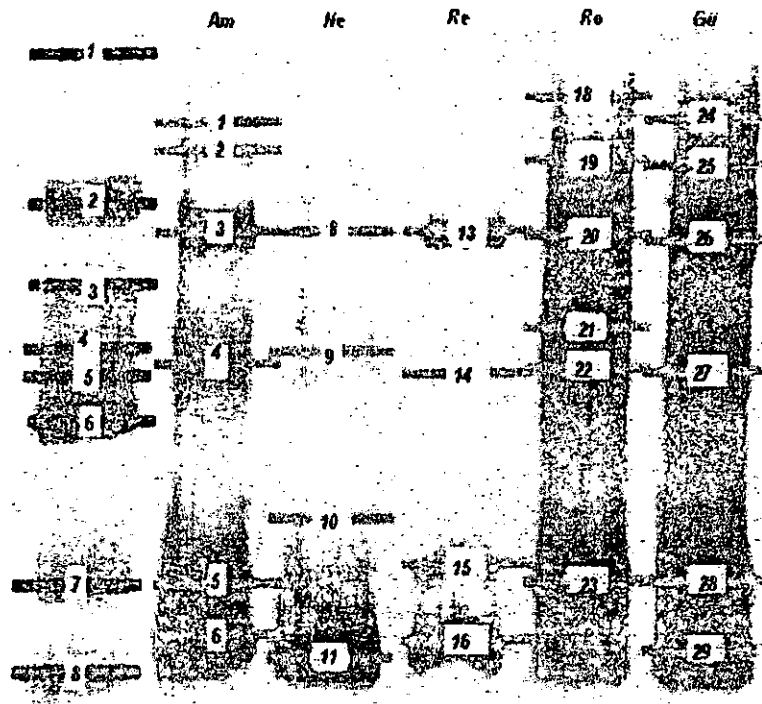
29000 Anhidrido carbónico

24000 Tripsinógeno

20000 Inhibidor de tripsina

142000 Lactalbúmina

6500 Aprotínina



Fotografía No.17. Corrimiento electroforético de los diferentes fenotipos de ciruela *Spondias*.

Bandas de proteínas que se encontraron como resultado del método electroforético. El primer corrimiento corresponde al marcador de bajo peso molecular (BSA), las bandas que en él se encuentran son las proteínas conocidas. El segundo carril corresponde al fenotipo amarilla, tercer carril para el fenotipo negra, cuarto carril para el fenotipo redonda, quinta para el fenotipo rojo y el sexto carril para el fenotipo güingure, cada uno con sus respectivas bandas las cuales se contrastaron con el Cuadro No.12.

Así mismo, se determinó la cantidad de proteínas que tiene cada fenotipo de ciruela, (Fotografía No.16) se observan 2 líneas de bandas que se encuentran en todos los fenotipos de ciruela *Spondias*, la serie 2, 4, 9, 16 y 23 y la serie 3, 5, 10, 17 y 24; además de una tercera línea de bandas, que solo comparten los fenotipos amarilla, redonda, roja y güingure; la serie 1, 6, 13 y 20. En la primera serie, es mayor la cantidad de proteínas en el fenotipo güingure (23) con 11.34 mg de proteína; el fenotipo redonda (9) con 10.79 mg; el fenotipo roja (16) con 9.21 mg de

proteína; el fenotipo **negra** (4) presenta 8.75 mg de proteína y la que menor se expresa es el fenotipo **amarilla** (2) con 7.07 mg de proteína (Cuadro No. 13).

Para el caso de la segunda línea de bandas, que pertenecen a la proteína con peso molecular 6 500 Kd del marcador, se expresa mejor en el fenotipo **güingure** (24) con 10.61 mg de proteína; el fenotipo **negra** (5) con 8.44 mg; los fenotipos **roja** (17) y **redonda** (10) con 7.29 y 7.14 mg de proteína, mientras que la menor cantidad de proteína es para la **amarilla** (3) con 6.82 mg (Fotografía No. 16 y Cuadro No. 13).

En la línea de bandas que solo comparten 4 fenotipos de ciruela, la proteína que corresponde al peso molecular de 39 973 Kd, se expresa mejor en el fenotipo **güingure** (20) con 10.14 mg de proteína y 8.80 mg para el fenotipo **roja** (13); el fenotipo **redonda** (6) con 7.44 mg y menor cantidad en el fenotipo **amarilla** (1) con 7.18 mg de proteína.

En la línea de los 66 000 Kd, se expresa mejor la banda del fenotipo **güingure** (18) con 6.89 mg de proteína que el fenotipo **roja** (11) con 6.47 mg; mientras que en la línea que corresponde a los 45 000 Kd, se expresa mejor la banda **roja** (12) de 6.40 mg de proteína que la banda del fenotipo **güingure** (19) con 6.27 mg. (Fotografía No. 16 y Cuadro No. 13).

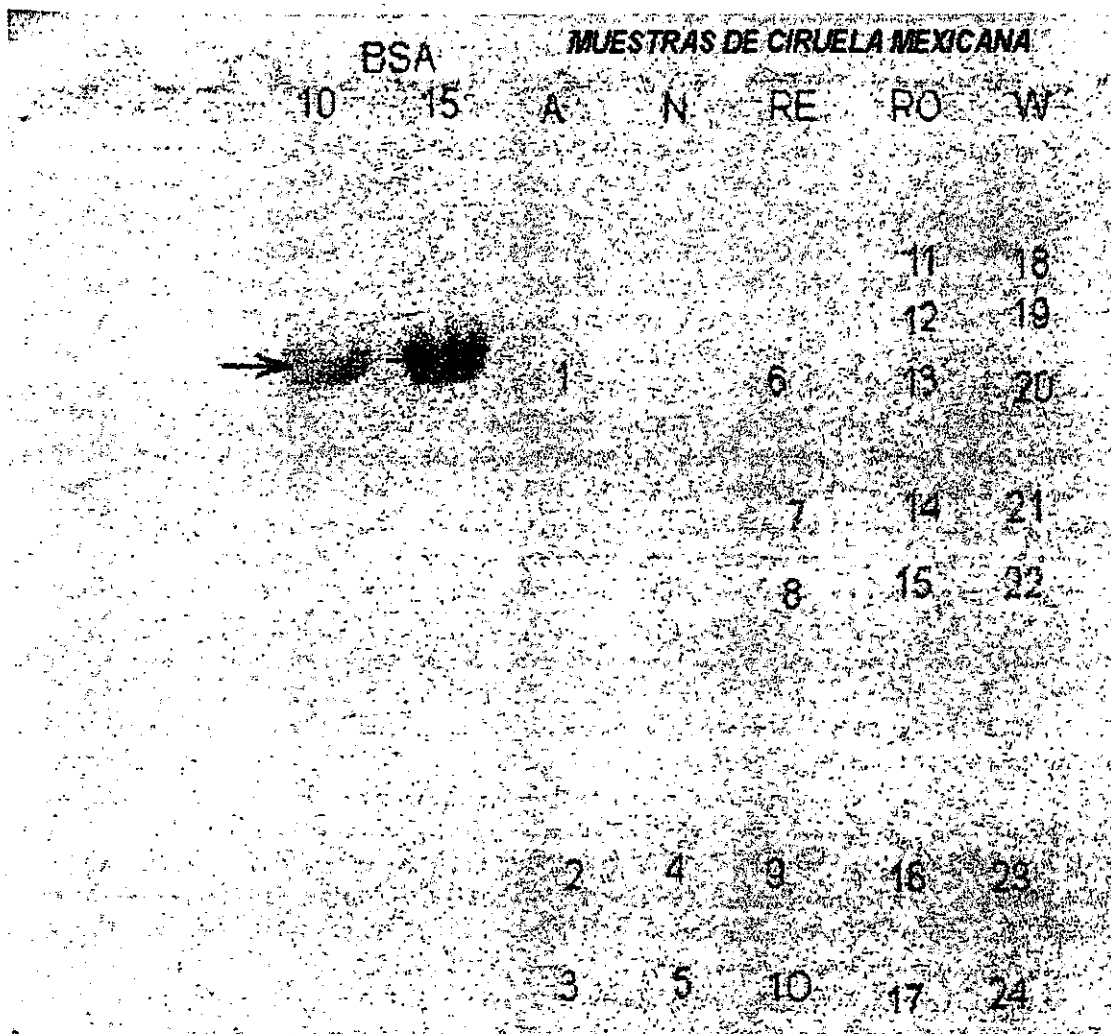
En los 28 000 Kd, hay mayor concentración de proteína en el fenotipo **roja** (14) con 7.97 mg que en los fenotipos **güingure** (21) con 7.23 mg y **redonda** (7) con 7.20 mg de proteína; así mismo, en la banda de los 24 000 Kd, se expresa mejor en **güingure** (22) con 7.41 mg de proteína que en la del fenotipo **roja** (15) con 6.95 mg de proteína y que en el fenotipo **redonda** (8) con 6.40 mg de proteína (Fotografía No. 16 y Cuadro No. 13).

Considerando las bandas se determinó que los fenotipos **roja** y **güingure** son más parecidos entre sí y presentan una relación con el fenotipo **amarilla**, mientras que los fenotipos **redonda** y **negra** son parecidas entre sí.

Cuadro No. 13. Concentración de proteínas (mg/10 µg) en embrión de cinco fenotipos de ciruela *Spondias*.

PM DE LAS PROTEÍNAS DE MARCADOR GENETICO (KD)								
	66 000	45 000	39 973	28 000	24 000	20 000	14 000	6500
FENOTIPOS DE CIRUELA <i>Spondias</i>	CONCENTRACIÓN DE PROTEÍNAS EN EMBRIÓN (mg/ 10 µg)							
AMARILLA	----	----	7.18	----	----	----	7.07	6.82
NEGRA	----	----	----	----	----	----	8.75	8.49
REDONDA	----	----	7.44	7.20	6.40	----	10.79	7.14
ROJA	6.47	6.40	8.80	7.97	6.95	----	9.21	7.29
GÜINGURE	6.98	6.27	10.14	7.23	7.41	----	11.34	10.61

Los miligramos de proteínas de cada una de las bandas que se presentan en la fotografía No. 16, están de acuerdo a las bandas de proteínas que presenta el marcador genético.



Fotografía No.18. Corrimiento electroforético de proteínas en los diferentes fenotipos de ciruela *Spondias*.

BSA Marcador de bajo peso molecular de 6500 a 66000 Kd. 1^{er} carril 10 µl del marcador genético, 2^o carril 15 µl de marcador genético. 3^{er} carril fenotipo amarilla. 4^o carril fenotipo negra. 5^o carril fenotipo redonda. 6^o carril fenotipo roja. 7^o carril fenotipo güigure.

VI. CONCLUSIONES

1. Las características morfológicas y fenológicas, así como los caracteres y estados de carácter fenético determinan que los fenotipos **amarilla**, **gorda**, **negra**, **redonda**, **roja** y **güingure**, pertenecen a la especie *Spondias purpurea*.
2. Las características morfológicas propias de *Spondias purpurea* son: la ausencia de hojas cuando son producidas las inflorescencias; la posición axilar y el tamaño de las inflorescencias, que es menor de 5 cm.
3. Los caracteres morfológicos que marcan las diferencias entre los fenotipos son: el color de las estructuras florales y de los frutos; así como el tamaño de las estructuras de la flor, del fruto y de las hojas; la presencia del embrión en las semillas.
4. La fenología para cada fenotipo es diferente.
5. El Fenograma permite determinar 4 grupos, establecidos de mayor a menor afinidad: 1) entre los fenotipos **roja** y **güingure**, 2) **gorda**, 3) **redonda** y **negra** y 4) **amarilla**.
6. La relación que se estableció de presencia-ausencia de bandas de proteínas obtenidas de la electroforesis indica que se formaron 3 grupos: 1) entre los fenotipos **negra** y **redonda**, 2) entre los fenotipos **roja** y **güingure** y 3) **amarilla**.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios citogenéticos para conocer el número cromosómico y corroborar que pertenecen a una misma especie.
2. Realizar estudios a partir de DNA para obtener mayor precisión en la variabilidad genética.
3. Elaborar estudios sobre caracterización de los diferentes tipos de ciruela *Spondias purpurea* restantes en el Municipio de Tzitzio, Michoacán; así como de los diferentes fenotipos existentes en el país.

APÉNDICE A

Las variables de estudio que se consideraron para la caracterización de los 6 fenotipos de ciruela *Spondias* fueron las siguientes:

4.3.1. Características del árbol

4.3.1.1. Hábito de crecimiento de la planta.

4.3.1.2. Forma del árbol.

4.3.1.3. Altura del árbol.

4.3.1.4. Copa del árbol.

4.3.2. Características del tallo

4.3.2.1. Textura del tallo.

4.3.2.2. Color del tallo.

4.3.2.3. Patrón de ramificación.

4.3.2.4. Tipo de tallo.

4.3.2.5. Grosor del tallo.

4.3.2.6. Altura del tallo hasta antes de la bifurcación.

4.3.3. Características de la hoja

4.3.3.1. Tipo de hoja.

4.3.3.2. Patrón de nervación de la hoja.

4.3.3.3. Filotaxia.

4.3.3.4. Tipo de ápice.

4.3.3.5. Tipo de base.

4.3.3.6. Tipo de borde.

4.3.3.7. Forma de la hoja.

- 4.3.3.8. Color de la hoja.
- 4.3.3.9. Tamaño de la hoja.
- 4.3.3.10. Pares de folíolos.
- 4.3.3.11. Pecíolos.
- 4.3.3.12. Estípulas.

4.3.4. Características de la inflorescencia.

- 4.3.4.1. Tipo de inflorescencia
- 4.3.4.2. Tamaño de la inflorescencia.
- 4.3.4.3. Posición de la inflorescencia.

4.3.5. Características del cáliz.

- 4.3.5.1. Tipo de cáliz.
- 4.3.5.2. Aspecto general del cáliz.
- 4.3.5.3. Duración del cáliz.
- 4.3.5.4. Número de sépalos.
- 4.3.5.5. Color del sépalo.
- 4.3.5.6. Tamaño del sépalo.
- 4.3.5.7. Forma del sépalo.

4.3.6. Características de la flor.

- 4.3.6.1. Tipo de prefloración.
- 4.3.6.2. Simetría de la flor.
- 4.3.6.3. Tipo de flor
- 4.3.6.4. Sexo de la flor.
- 4.3.6.5. Tamaño de la flor.
- 4.3.6.6. Color de la flor.
- 4.3.6.7. Promedio de flores por racimo.

4.3.6.8. Tipo de corola.

4.3.6.9. Forma de la corola.

4.3.6.10. Número de pétalos.

4.3.6.11. Forma de los pétalos.

4.3.6.12. Color de los pétalos.

4.3.6.13. Tamaño de los pétalos.

4.3.7. Características del androceo.

4.3.7.1. Número de estambres.

4.3.7.2. Nombre dado por los estambres.

4.3.7.3. Tamaño de los estambres.

4.3.7.4. Tipo de estambres.

4.3.7.5. Color de los estambres.

4.3.7.6. Relación entre el número de estambres y pétalos.

4.3.7.7. Forma de las anteras.

4.3.7.8. Inserción de las anteras.

4.3.7.9. Orientación de las anteras.

4.3.7.10. Tipo de dehiscencia.

4.3.7.11. Tamaño de la antera.

4.3.7.12. Tamaño del filamento.

4.3.8. Características del gineceo.

4.3.8.1. Tipo de gineceo.

4.3.8.2. Tamaño del gineceo.

4.3.8.3. Color del disco.

4.3.8.4. Tamaño del disco.

4.3.8.5. Color del ovario.

4.3.8.6. Forma del ovario

4.3.8.7. Tamaño del ovario

- 4.3.8.8. Posición del ovario.
- 4.3.8.9. Lóculos del ovario.
- 4.3.8.10. Tipo de placentación.
- 4.3.8.11. Número de estigmas.
- 4.3.8.12. Color de estigmas.
- 4.3.8.13. Número de estilos.
- 4.3.8.14. Color de estilos.
- 4.3.8.15. Número de óvulos.
- 4.3.8.16. Forma de óvulos.

4.3.9. Características del fruto.

- 4.3.9.1. Tipo de fruto.
- 4.3.9.2. Color del fruto.
- 4.3.9.3. Tamaño del fruto.
- 4.3.9.4. Peso del fruto.
- 4.3.9.5. Índice de redondez del fruto.
- 4.3.9.6. Tipo y forma del epicarpio del fruto.

4.3.10. Características de la semilla.

- 4.3.10.1. Color de la semilla.
- 4.3.10.2. Tamaño de la semilla.
- 4.3.10.3. Peso de la semilla.
- 4.3.10.4. Color del embrión.
- 4.3.10.5. Tamaño del embrión.
- 4.3.10.6. Forma del embrión.
- 4.3.10.7. Número de embriones por semilla.

4.3.11. Fenología.

4.3.11.1. Época de floración.

4.3.11.2. Época de amarre del fruto.

4.3.11.3. Época de crecimiento de flor a fruto.

4.3.11.4. Época de foliación.

4.3.12. Relaciones filogenéticas.

4.3.12.1. Codificación de caracteres.

4.3.12.2. Cladograma.

4.3.13. Electroforesis.

4.3.13.1. Pesos moleculares de las proteínas.

4.3.13.2. Miligramos de las proteínas.

4.3.13.3. Cladograma.

APÉNDICE B

Geles al 5% -10% (gel concentrador (S) -gel de resolución (R))

Solución	Para 10 ml de R	Para 5 ml de S
Agua	4.5 Ml	3.178 ml
Regulador para el gel de resolución	1.0 ml	-----
Regulador para el gel concentrador	-----	1.25 ml
Acilamida-bisacilamida	3.335 ml	0.9 ml
Dodecil sulfato de sodio 10%	100µl	50µl
TEMED	5.0µl	5.0µl
Persulfato de amonio 10%	50µl	50µl

APÉNDICE C

Codificación de los caracteres en el análisis cladístico.

CARACTERÍSTICAS		Fenotipos de ciruela <i>Spondias</i>					
		Ama	Gor	Neg	Red	Roj	Güin
Hábito de crecimiento de la planta	Árbol	1	1	1	1	1	1
Forma del árbol	Asimétrico	1	1	1	1	1	1
Tamaño del árbol (m)	3.0 a 4.0	1	0	1	0	0	0
	3.0 a 5.0	0	1	0	0	0	0
	3.0 a 5.5	0	0	0	1	0	0
	4.0 a 6.0	0	0	0	0	1	0
	6.0 a 7.0	0	0	0	0	0	1
Copa del árbol	Irregular	1	1	0	1	0	1
	Triángulo invertido	0	0	1	0	1	0
Textura del tallo	Liso-coriácea	1	1	1	1	1	1
Color de la corteza	Grisáceo-verdoso	1	1	1	1	1	1
Patrón de ramificación	Dicotómico	1	1	1	1	1	1
Tipo de tallo	Erecto	1	1	1	1	1	1
Diámetro del tallo (m)	0.50 a 0.80	0	0	1	0	0	0
	0.50 a 1.00	1	0	0	0	0	0
	1.00 a 1.50	0	1	0	1	0	1
	1.20 a 1.40	0	0	0	0	1	0
Longitud del tallo antes de la bifurcación (m)	0.50 a 1.00	1	0	0	1	0	0
	1.00 a 1.50	0	1	0	0	1	1
	1.00 a 1.70	0	0	1	0	0	0
Tipo de hoja	Imparipinnada	1	1	1	1	1	1
Nervación	Pinnada	1	1	1	1	1	1
Filotaxia	Opuesta	1	1	1	1	1	1
Tipo de ápice	Acuminado	1	1	1	1	1	1
Tipo de base	Cuneada	1	0	1	0	1	1
	Redondeada	0	1	0	1	0	0
Tipo de borde	Subcrenado	1	1	1	1	1	1
Forma de la hoja	Elíptica	1	1	1	1	1	1
Color de la hoja	Verde	1	1	1	1	1	1

CARACTERÍSTICAS		Fenotipos de ciruela <i>Spondias</i>					
		Ama	Gor	Neg	Red	Roj	Güm
Longitud de la hoja (cm)	4.69	0	0	1	0	0	0
	5.75	0	0	0	0	1	0
	5.80	1	1	0	0	0	1
	6.65	0	0	0	1	0	0
Ancho de la hoja (cm)	1.86	0	0	1	0	0	0
	2.10	0	0	0	0	0	1
	2.13	1	1	0	0	0	0
	2.32	0	0	0	0	0	0
	2.44	0	0	0	0	1	0
	2.52	0	0	0	1	0	0
# de foliolos	5 a 30 pares	1	1	0	1	1	1
	5 a 20 pares	0	0	1	0	0	0
Peciolos	Cortos	1	1	1	1	1	1
Estípulas		0	0	0	0	0	0
Tipo Inflorescencias	Panicula	1	1	1	1	1	1
Posición de la inflorescencia	Axilar	1	1	1	1	1	1
Longitud de la inflorescencia (mm)	1.0	1	0	1	1	0	1
	1.2	0	0	0	0	1	0
	3.8	0	1	0	0	0	0
Tipo de caliz	Dialisépalo	1	1	1	1	1	1
Aspecto del cáliz	Piloso	1	1	1	1	1	1
Cáliz	Deciduo	1	1	1	1	1	1
# de sépalos	5	1	1	1	1	1	1
Color de sépalos	6/3 amarillo	1	0	0	0	0	0
	4/8 rojo	0	1	0	0	0	0
	3/6 rojo obscuro	0	0	1	1	0	0
	5/8 rojo	0	0	0	0	1	1
Longitud del sépalo (mm)	0.5	0	1	0	0	0	0
	0.9 a 1.1	0	0	1	0	0	0
	1.0 a 1.2	0	0	0	1	0	0
	1.0 a 1.5	1	0	0	0	0	0
	1.0 a 1.6	0	0	0	0	0	1
	1.0 a 2.0	0	0	0	0	1	0

CARACTERÍSTICAS		Fenotipos de ciruela <i>Spondias</i>					
		Ama	Gor	Neg	Red	Roj	Güm
Ancho del sépalo (mm)	0.9 a 1.3	0	0	1	0	0	0
	1.0 a 1.3	1	0	0	0	1	0
	1.0 a 1.5	0	1	0	0	0	0
	1.0 a 1.6	0	0	0	0	0	1
	1.0 a 2.0	0	0	0	1	0	0
Forma del sépalo	Romboide	1	1	1	1	1	1
Tipo de prefloración	Quincuncial	1	1	1	1	1	1
Simetría de la flor	Radial-actinomorfa	1	1	1	1	1	1
Tipo de flor	Completa	1	1	1	1	1	1
Sexo de la flor	Hermafrodita	1	1	1	1	1	1
Diámetro de la flor	1.8 a 3.0	0	0	0	0	0	1
	2.0 a 3.0	0	0	1	0	1	0
	2.0 a 5.0	0	0	0	1	0	0
	2.5 a 3.5	1	0	0	0	0	0
	3.5 a 4.0	0	1	0	0	0	0
Color de la flor	Amarilla	1	0	0	0	0	0
	Roja	0	1	1	1	1	1
# promedio de flores por panícula	5	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	1	1	0	0
	10	0	0	0	0	0	1
	20	1	0	0	0	0	0
	21	0	1	0	0	0	0
Tipo de corola	Dialipétala	1	1	1	1	1	1
Forma de la corola	Rosácea	1	1	1	1	1	1
# de pétalos	5	1	1	1	1	1	1
Forma de los pétalos	Lanceolados	1	1	1	1	1	1
Color del pétalo	7/6 amarillo	1	0	0	0	0	0
	4/8 rojo	0	1	1	1	0	0
	5/8 rojo	0	0	0	0	1	1
Longitud de los pétalos (mm)	1.5 a 3.0	0	0	1	0	0	0
	2.3 a 3.0	1	0	0	0	0	0
	2.0 a 3.5	0	1	0	0	0	0
	2.5 a 3.3	0	0	0	1	0	0
	2.5 a 3.7	0	0	0	0	1	0
	2.7 a 3.5	0	0	0	0	0	1

CARACTERÍSTICAS		Fenotipos de ciruela <i>Spondias</i>					
		Ama	Gor	Neg	Red	Roj	Güin
Ancho de los pétalos (mm)	0.7 a 1.3	0	0	0	1	0	0
	1.0 a 1.3	0	0	1	0	0	0
	1.0 a 1.5	0	1	0	0	1	0
	1.0 a 1.8	0	0	0	0	0	1
	1.5 a 1.7	1	0	0	0	0	0
# estambres	10	1	1	1	1	1	1
Estambres	Poliandras	1	1	1	1	1	1
Tamaño de los estambres grandes (mm)	1.6 a 1.8	1	0	0	0	0	0
	1.7 a 2.1	0	0	0	1	0	0
	1.8 a 2.2	0	0	1	0	0	0
	1.9 a 2.6	0	1	0	0	0	0
	2.1 a 2.5	0	0	0	0	1	0
	2.3 a 2.5	0	0	0	0	0	1
Tamaño de los estambres pequeños (mm)	1.2 a 1.5	0	0	0	1	0	1
	1.3 a 1.5	0	0	0	0	1	0
	1.3 a 1.7	1	0	0	0	0	0
	1.4 a 1.6	0	0	1	0	0	0
	1.4 a 1.7	0	1	0	0	0	0
Tipo de estambres	Dialistémonos	1	1	1	1	1	1
Color de estambres	Amarillo	0	1	0	0	1	1
	Amarillo pálido	1	0	1	1	0	0
Relación entre el número de estambres y pétalos	Diplostémonos	1	1	1	1	1	1
Forma de las anteras	Obladas-ovoidales	1	1	1	1	1	1
Inserción de la antera	Dorsifija	1	1	1	1	1	1
Orientación de la antera	Introrsas	1	1	1	1	1	1
Tipo de dehiscencia	Longitudinal	1	1	1	1	1	1
Tamaño de la antera de los estambres grandes (mm)	0.2 a 0.6	0	0	1	0	0	0
	0.3 a 0.5	0	1	0	0	0	0
	0.6 a 0.7	1	0	0	0	0	0
	0.6 a 0.9	0	0	0	1	0	0
	0.5 a 1.0	0	0	0	0	1	0
	0.7 a 1.0	0	0	0	0	0	1

CARACTERÍSTICAS		Fenotipos de ciruela <i>Spondias</i>					
		Ama	Gor	Neg	Red	Roj	Gün
Tamaño de la antera de los estambres pequeños (mm)	0.3 a 0.5	0	0	0	0	1	0
	0.4 a 0.5	0	0	0	0	0	1
	0.5	1	0	0	1	0	0
	0.1 a 0.5	0	1	1	0	0	0
Tamaño del filamento en los estambres grandes (mm)	1.5	1	0	0	0	0	0
	1.9	0	0	0	1	0	0
	2.0	0	0	1	0	1	0
	1.2	0	0	0	0	0	1
	2.3	0	1	0	0	0	0
Tamaño del filamento en los estambres pequeños (mm)	1.4	1	1	1	1	1	1
Tipo de gineceo	Sincárpico	1	1	1	1	1	1
Tamaño del gineceo (mm)	2.3	0	0	0	1	0	0
	2.8	0	1	0	0	0	0
	3.0	0	0	0	0	1	0
	3.5	0	0	1	0	0	0
	3.7	1	0	0	0	0	0
	3.9	0	0	0	0	0	1
Color del disco	7/3 amarillo	1	0	0	0	0	0
	3/6 rojo oscuro	0	1	1	1	1	1
Longitud del disco (mm)	1.5 a 2.0	0	0	0	0	0	1
	1.8 a 2.5	1	0	0	0	0	0
	1.5 a 3.0	0	1	0	0	0	0
	2.0	0	0	1	1	0	0
	2.0 a 2.5	0	0	0	0	1	0
Grosor del disco (mm)	0.5 a 1.0	1	0	0	0	0	0
	0.5 a 1.3	0	0	0	0	0	1
	0.7 a 1.0	0	1	0	0	0	0
	1.0	0	0	1	0	0	0
	1.0 a 1.5	0	0	0	0	1	0
	1.5	0	0	0	1	0	0
Diámetro del ovario (mm)	1.3	0	0	0	1	0	0
	1.4	1	0	0	0	0	0
	1.5	0	0	0	0	1	0
	1.7	0	1	0	0	0	0
	1.8	0	0	0	0	0	1
	1.9	0	0	1	0	0	0

CARACTERÍSTICAS		Fenotipos de ciruela <i>Spondias</i>					
		Ama	Gor	Neg	Red	Roj	Gün
Longitud del ovario (mm)	1.8	0	0	0	1	0	0
	2.1	0	0	0	0	1	0
	2.2	0	1	0	0	0	0
	2.3	0	0	1	0	0	0
	2.5	1	0	0	0	0	1
Color del ovario	6/3 amarillo	1	1	1	1	1	1
	3/6 rojo oscuro	0	0	0	0	0	0
Forma del ovario	Ovalado	1	1	1	1	1	1
Posición del ovario	Súpero	1	1	1	1	1	1
Lóculos del ovario	4	1	1	1	1	0	0
	4 (3)	0	0	0	0	0	0
	4 (5)	0	0	0	0	1	1
Tipo de placentación	Axial	1	1	1	1	1	1
# de estigmas	4	1	0	1	1	0	0
	4 (3)	0	1	0	0	0	0
	4 (5)	0	0	0	0	1	1
Color de estigmas	8/3 amarillo	1	0	0	0	0	0
	4/6 rojo	0	1	0	1	0	1
	5/3 rojo	0	0	1	0	1	0
# de estilos	4	1	0	1	1	0	0
	4 (3)	0	1	0	0	0	0
	4 (5)	0	0	0	0	1	1
Color de estilos	8/3 amarillo	1	0	0	0	0	0
	4/6 rojo	0	1	1	1	1	1
Número de óvulos	1	0	1	1	1	0	0
	2	1	0	0	0	1	0
	2 (3)	0	0	0	0	0	1
Forma del óvulo	Gota	1	1	1	1	1	1
Tipo de fruto	Carnoso-Drupa	1	1	1	1	1	1
Color del fruto	Amarillo limón	1	0	0	0	0	0
	Naranja	0	1	0	0	0	0
	Rojo óxido	0	0	1	0	0	0
	Naranja oscuro	0	0	0	1	0	0
	Rojo Bermellón	0	0	0	0	1	1

CARACTERÍSTICAS		Fenotipos de ciruela <i>Spondias</i>					
		Ama	Gor	Neg	Red	Roj	Gün
Diámetro polar del fruto (cm)	2.5	1	0	0	0	0	0
	4.22	0	1	0	0	0	0
	3.32	0	0	1	0	0	0
	3.0	0	0	0	1	0	0
	2.75	0	0	0	0	1	0
	3.50	0	0	0	0	0	1
Diámetro ecuatorial del fruto (cm)	2.5	1	0	0	0	0	0
	2.67	0	0	0	1	0	1
	2.75	0	0	0	0	1	0
	2.96	0	0	1	0	0	0
	3.33	0	1	0	0	0	0
Peso del fruto (gr)	9	1	0	0	0	0	0
	13.2	0	0	0	1	0	0
	14.36	0	0	0	0	0	1
	14.63	0	0	0	0	1	0
	16.87	0	0	1	0	0	0
	26	0	1	0	0	0	0
Índice de redondez	0.74	0	0	0	0	0	1
	0.7890	0	1	0	0	0	0
	0.8666	0	0	0	0	0	0
	0.8915	0	0	1	1	0	0
	1.0	1	0	0	0	1	0
Epicarpio del fruto	Lisa	1	1	1	1	1	0
	Con rugosidades	0	0	0	0	0	1
Color de la semilla	Amarilla	1	1	1	1	1	1
Longitud de la semilla (cm)	1.51	1	0	0	0	0	0
	1.63	0	0	1	0	0	0
	1.70	0	0	0	1	0	0
	1.78	0	0	0	0	1	0
	2.40	0	0	0	0	0	1
	3.00	0	1	0	0	0	0
Diámetro de la semilla (cm)	1.16	1	0	0	0	0	0
	1.21	0	0	0	0	1	0
	1.30	0	0	0	0	0	1
	1.40	0	0	1	0	0	0
	1.43	0	0	0	1	0	0
	1.80	0	1	0	0	0	0

CARACTERÍSTICAS		Fenotipos de ciruela <i>Spondias</i>					
		Ama	Gor	Neg	Red	Roj	Gün
Peso de la semilla (gr)	1.08	1	0	0	0	0	0
	1.66	0	0	1	0	0	0
	1.85	0	0	0	0	0	1
	1.95	0	0	0	0	1	0
	2.49	0	0	0	1	0	0
	4.29	0	1	0	0	0	0
Forma del embrión	Elíptico	1	0	1	1	1	1
Color del embrión	Blanco	1	0	1	1	1	1
Longitud del embrión (cm)	0.9	0	0	1	1	0	0
	1.0	1	0	0	0	0	0
	1.44	0	0	0	0	1	0
	1.50	0	0	0	0	0	1
Grosor del embrión (cm)	0.25	0	0	1	1	0	0
	0.27	1	0	0	0	0	0
	0.32	0	0	0	0	1	0
	0.34	0	0	0	0	0	1
Número de embriones por semilla	0	0	1	0	0	0	0
	1	0	0	1	1	0	0
	2	1	0	0	0	1	0
	2 (3)	0	0	0	0	0	1

1: Característica presente.

0: Característica ausente.

APÉNDICE D

Primera Matriz de Similitud

	Amarilla	Gorda	Negra	Redonda	Roja	Güingure
Amarilla		0.5747	0.7000	0.7631	0.6428	0.6428
Gorda			0.6543	0.7808	0.7142	0.7808
Negra				1.0483	0.7631	0.6428
Redonda					0.6626	0.7972
Roja						0.9117
Güingure						

En esta matriz se entrelazan los fenotipos Negra y Redonda.

Segunda Matriz de Similitud

	Amarilla	Gorda	Neg-Red	Roja	Güingure
Amarilla		0.5747	0.7315	0.6428	0.6428
Gorda			0.7175	0.7142	0.7808
Neg-Red				0.7128	0.7200
Roja					0.9117
Güingure					

Se unen los fenotipos Güingure y Roja.

Tercera Matriz de Similitud

	Amarilla	Gorda	Negra-Redonda	Roja-Güingure
Amarilla		0.5747	0.7315	0.6428
Gorda			0.7175	0.7475
Negra-Redonda				0.7164
Roja-Güingure				

Se entrelazan los fenotipos Gorda y Roja-Güingure.

Cuarta Matriz de Similitud

	Amarilla	Gor-Roj-Güin	Neg-Red
Amarilla		0.6087	0.7315
Gor-Roj-Güin			0.7169
Neg-Red			

Unión entre los fenotipos Amarilla y Negra-Redonda.

Quinta Matriz de Similitud

	Ama-Neg-Red	Gor-Roj-Güin
Ama-Neg-Red		0.6628
Gor-Roj-Güin		

APENDICE E

Codificación de las bandas de proteínas en los diferentes fenotipos de ciruela
Spondias, considerando el peso molecular (Kd)

FENOTIPOS DE CIRUELA <i>SPONDIAS</i>					
Peso molecular de las proteínas (Kd)	Ama	Neg	Red	Roj	Gün
64 097	0	0	0	1	0
59 043	0	0	0	0	1
54 043	1	0	0	0	0
53 283	1	0	0	0	0
51 140	0	0	0	1	0
50 100	0	0	0	0	1
39 973	1	1	1	0	0
39 160	0	0	0	1	0
38 365	0	0	0	0	1
28 196	0	0	0	1	0
25 973	0	1	0	0	0
24 928	1	0	0	0	0
24 421	0	0	0	1	0
23 925	0	0	1	0	1
14 320	0	1	0	0	0
12 151	0	0	1	0	0
11 425	1	0	0	1	1
9 496	1	0	0	0	0
9 305	0	0	1	0	0
8 930	0	0	0	0	1
8 749	0	1	0	0	0

APÉNDICE F

Primera Matriz de Similitud

	Amarilla	Negra	Redonda	Roja	Güingure
Amarilla		0.125	0.125	0.1	0.1
Negra			0.166	0	0
Redonda				0	0.125
Roja					0.1
Güingure					

Los fenotipos Negra y Redonda presentan afinidad entre si.

Segunda Matriz de Similitud

	Amarilla	Negra-Redonda	Roja	Güingure
Amarilla		0.125	0.1	0.1
Negra-Redonda			0	0.062
Roja				0.1
Güingure				

Negra y Redonda se relacionan con el fenotipo Amarilla.

Tercera Matriz de Similitud

	Amarilla-Negra-Redonda	Roja	Güingure
Amarilla-Negra-Redonda		0.05	0.081
Roja			0.1
Güingure			

Se unen los fenotipos roja y Güingure.

Cuarta Matriz de Similitud

	Amarilla-Negra-Redonda	Roja-Güingure
Amarilla-Negra-Redonda		0.0665
Roja-Güingure		

IX. GLOSARIO

- Antera.** La parte de un estambre, formada de ordinario por uno o dos sacos polínicos (y una capa conectiva entre ellos), que produce el polen.
- Base.** Es el sitio por donde el limbo se inserta al pecíolo o al tallo y a las ramas si la hoja es sésil.
- Borde.** Constituyen la orilla o el margen del limbo.
- Bráctea.** Cualquier hoja más o menos reducida o modificada asociada con una flor o una inflorescencia, pero sin ser parte de la flor misma.
- Brote.** Colectivamente, el tallo, hojas y flores de una planta.
- Caducifolio.** Que pierde las hojas durante una época del año.
- Cáliz.** Todos los sépalos de una flor, en forma colectiva.
- Corola.** Los pétalos de una flor, en forma colectiva.
- Cultivar.** Palabra de formación reciente para indicar variedad cultivada.
- Cuneada.** En forma de cuña, angostamente obtriangular.
- Deciduo.** Caedizo; que deja caer sus hojas en otoño.
- Dehiscente.** Que se abre en la madurez, liberando o exponiendo su contenido.
- Dialipétala.** Con los pétalos separados.
- Dialisépala.** Con los sépalos separados.
- Dicotómico.** Ramificación en que el punto vegetativo se divide en dos equivalentes.
- Dioico.** Que produce la estructura masculina y femenina en individuos separados.
- Diplostémono.** Con los estambres en dos verticilos: en el externo alternando con los pétalos y en el interno oponiéndose a ellos.
- Dorsifijo.** La antera unida en el lado dorsal del filamento.
- Drupa.** Fruto simple, carnoso, con el endocarpo endurecido.
- Endocarpo.** Capa interna del pericarpo.

- Embrión.** El esporofito joven, antes que haya empezado a tomar su forma madura.
- Especie.** Tipo particular de planta o animal, que mantiene su distinción de otros tipos en la naturaleza durante un período de muchas generaciones sucesivas.
- Estambres.** El órgano masculino de la flor, esto es la microsporofila.
- Estigma.** La parte del pistilo que es receptora del polen.
- Estilo.** La parte de un pistilo que conecta al estigma con el ovario.
- Estípula.** Una de un par de apéndices basales, que se presentan en muchas hojas.
- Exocarpio.** Capa externa del pericarpio.
- Fenotipo.** La característica real de un individuo, expresada en su forma, estructura o fisiología.
- Filamento.** La parte estéril del estambre que sostiene la antera.
- Filogenia.** La historia evolutiva de un grupo.
- Flor.** Un brote corto, especializado con hojas modificadas, algunas de las cuales, de manera característica, producen estructuras reproductoras sexuales que conducen finalmente a la formación de las semillas.
- Foliolo.** Segmento individual de una hoja compuesta.
- Fruto.** Ovario maduro, junto con cualquier otra estructura, que al madurar forman una sola unidad.
- Género.** Un grupo de especies afines.
- Gineceo.** Conjunto de los órganos femeninos de la flor, los carpelos.
- Glabro.** Sin ningún tipo de indumento (lampiño).
- Hoja.** Uno de los órganos primarios de la mayoría de las plantas vasculares, que de manera típica es el principal órgano fotosintético.
- Imparipinnada.** Pinada con un foliolo terminal.
- Inflorescencia.** Un grupo de flores.
- Introrso.** Cuando la fisura de la antera que da la salida al polen se abre hacia el interior de la flor.

- Límbo.** Porción expandida y aplanada de la hoja.
- Lóculo.** Cavidad interior de la antera.
- Mesocarpio.** La parte media del pericarpio.
- Morfología.** La forma y la estructura o el estudio de ellas, con frecuencia tomada abarcando los cambios de forma que ocurren durante el ciclo biológico.
- Oblongo.** Más largo que ancho, de forma más o menos rectangular.
- Obovado.** En forma de huevo, con el ápice más amplio que la base.
- Órgano.** Tejido o grupo de tejidos que constituyen una parte morfológica y fisiológicamente distintas de un organismo.
- Ovario.** En las angiospermas, la estructura que encierra a los óvulos; después de la fecundación al madurar forma el fruto.
- Óvulo.** Una semilla joven. El megasporangio más los tegumentos que lo encierran, en una planta con semillas.
- Panícula.** Un racimo con ramificaciones también racemosas.
- Pecíolo.** Sostén de la lámina de una hoja o el eje principal en una hoja compuesta situado por debajo de los folíolos.
- Perianto.** El cáliz y la corola, colectivamente.
- Pericarpio.** La pared del ovario de un fruto.
- Pétalo.** Un miembro del segundo grupo de hojas foliares (esto es, el grupo interno respecto a los sépalos).
- Pinado o Pinnado.** Que tiene dos hileras de ramas o apéndices laterales.
- Pistilo.** La estructura femenina de una flor, formada por un carpelo, o varios de ellos unidos entre sí para formar una unidad.
- Polen.** La masa de gametofitos masculinos jóvenes (granos de polen) de las plantas con semillas, en el estado en que son liberados de una antera.
- Prefloración.** Postura de cada una de las hojas o partes inmaduras del perianto dentro de la yema.

Quincuncial. Con 5 integrantes, 2 exteriores, 2 interiores y uno con el margen de un lado sobre un integrante interno y el margen del otro lado cubierto por el de un integrante exterior.

Raquis. Un eje principal, como el de una hoja compuesta.

Receptáculo. Estructura que produce o contiene otras partes. En las flores, el extremo del pedúnculo al cual están adheridas las otras partes florales.

Semilla. Un óvulo maduro. El cuerpo característico en reposo en el ciclo biológico de muchas plantas.

Sépalo. Un miembro del grupo más externo de las hojas florales.

Sincárpico. Con los carpelos unidos en el ovario, el estigma y el estilo.

Súpero. Se aplica al ovario que se sitúa por arriba del punto de inserción del perianto y el androceo o que está libre del tubo floral que lleva encima al androceo y al perianto.

Tallo. Uno de los órganos primarios de las plantas vasculares que de manera típica sirve para producir las estructuras reproductoras y exponer las hojas.

X. LITERATURA CITADA

- Aguilar, I. 1998. Comunicación personal.
- Airy, H. and Forman, L. 1967. The genus *Spondias* L. (Anacardiaceae) in tropical Asia. Kew Bulletin: Published for the Royal Botanic Gardens. 21 (1): 1 – 9.
- Ajao, O., Shonukan, O. and Femi-Onadeko, B. 1985. Antibacterial effect of aqueous and alcohol Extracts of *Spondias mombin* and *Alchornea cordifolia* -two local antimicrobial remedies. Int. J. Drude Drug Res.23: 67 - 72.
- Anónimo. 1968. Dispersión de las principales especies frutícolas de México. Comisión Nacional de Fruticultura, Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG), México. 460 p.
- Anónimo. 1972. La Ciruela Mexicana. Producción, Manejo, Industrialización y Comercialización en Sinaloa. Comisión Nacional de Fruticultura. SAG. Serie Técnica folleto. 8: 21.
- Anónimo. 1996. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos Compendio de Agricultura SAGAR. Tomo I.
- Arreola, A. 1998. Comunicación personal.
- Avitia, E. 1997a. Dioecia y fenología en ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L). Horticultura Mexicana, Universidad Autónoma de Chapingo (UACH): Depto. de Fitotecnia. pp. 123.

- Avitia, E. 1997b. Estructura floral y anatomía del aborto de óvulos y semillas en ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.). Horticultura Mexicana UACH. 5 (3): 282 - 288.
- Axayacatl-Cuevas, J. 1992. Jocote, ciruelo (*Spondias purpurea*). En. J. E: Hernández-Bermejo y J. León. Cultivos marginados otra perspectiva de 1942. Jardín Botánico de Córdoba, España. FAO: Producción y Protección Vegetal. 26: 109 - 113.
- Bailey, H. 1949. Manual of cultivated plants. The Mcmillan Co. N. Y. 1116p.
- Bárcena, M. 1985. Carpología Mexicana. Directorio General sobre la producción de frutas en las municipalidades del país. Observatorio Metereológico Central. Secretaría de Fomento. México. 1200 p.
- Barrera, A., Barrera, R. y López, R. (1976). Nomenclatura etnobotánica maya. Una interpretación taxonómica. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Colección Científica Etnología. 36:301.
- Barrios, J. y De la Cruz, E. 1980. Observaciones de poda en ciruela tropical (*Spondias* spp). Subdirección de Investigación y docencia CONAFRUT. Memorias del Simposium "La investigación, el desarrollo experimental y la docencia en CONAFRUT durante 1979. Tomo 3. pp. 881-897.
- Bautista, R. A. 2000. Contribución al conocimiento de las plagas que atacan a la ilama (*Annona diversifolia* Saff.), nanche (*Byrsonima crassifolia* (L.) HBK.), bonete (*Jacaratia mexicana* DC.) y ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.). Tesis de Licenciatura. UNAM. ENEP Iztacala. Pp. 1-68.

- Blackwell, W. 1967. Anacardiaceae. In. R. E. Woodson Jr. & R. W. Schery. "Flora of Panama". Ann. Missouri Bot. Gard. 54: 351-379.
- Caballero, J. 1992. Maya homgardens: past, present and future: Entoecológica 1 (1).
- Cetenal. 1976. Carta topográfica. E.14A24 Tzitzio, Michoacán. Escala 1:50 000.
- Cetenal. 1978. Carta geológica. E.14A24 Tzitzio, Michoacán. Escala 1:50 000.
- Cetenal. 1979. Carta edafológica. E.14A24 Tzitzio, Michoacán. Escala 1:50 000.
- Cetenal. 1983. Carta de uso de suelo y vegetación. E.14A24 Tzitzio, Michoacán. Escala 1:50 000.
- Colunga, P. y May, F. 1992. El sistema milpero y sus recursos fitogenéticos. En: D. Zizumbo, C. H. Rasmussen, L. Arias y S. Terán (Eds). La modernización de la milpa en Yucatán: Utopía o realidad. CICY-DANIDA. Pp. 47-159.
- Croat, T. 1974. A reconsideration of *Spondias mombin* L. (Anacardiaceae): Annals of the Missouri Botanical Garden 61: 483 - 491.
- Cronquist, A. 1968. Introducción a la Botánica. CECSA, México. 848 pp.
- Cronquist, A. 1978. Botánica Básica. CECSA, México. p. 587.

- Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia Univ, Press, New York, 1262 pp.
- Chávez, F., Sergio, H. y Pimienta, B. 1981. Morfología del fruto de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) Congreso Nacional de Fruticultura. Resúmenes CONAFRUT, Guadalajara, Jalisco. Tomo 3. p. 155.
- Damián, A., Brito, T., Díaz, G., Noriega, D., Romero, N. y Marroquín, L. 1999. Avances sobre establecimiento en un huerto fenológico de frutales semicultivados y exóticos en Iguala, Gro. VIII Congreso de Horticultura. Programas y Notas Científicas. Colima, México. 7 (1): 255.
- De Fina, A. y Ravelo, A. 1973. Climatología y fenología agrícolas. Editorial Universitario de Buenos Aires. ENDEBA. pp. 201 - 211.
- Fonseca, R. 1998. Comunicación personal.
- Gentry A. 1993. Manual de Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad y Missouri Botanical Garden, última modificación 3 de agosto de 1996. pp. 1- 3. www.spondias.com
- Gola, G., Negri, G. y Cappelletti, C. 1965. Tratado de Botánica. Labor, Barcelona. pp. 261 - 297, 889 - 892, y 957 - 967.
- Gómez, J. 1988. Manual de Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad y Missouri Botanical Garden, última modificación 3 de agosto de 1996. pp. 1 - 3. www.spondias.com

- Grayum, M. 1988. Manual de Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad y Missouri Botanical Garden, última modificación 3 de agosto de 1996. pp. 1 – 3. www.spondias.com
- Hammel, B. 1992. Manual de Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad y Missouri Botanical Garden, última modificación 3 de agosto de 1996. pp. 1 – 3. www.spondias.com
- Harmon, P. 1990. Manual de Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad y Missouri Botanical Garden, última modificación 3 de agosto de 1996. pp. 1 – 3. www.spondias.com
- Hernández, A. 1977. Estudio sobre identificación y selección de criollos sobresalientes en ciruela Mexicana *Spondias purpurea* L., en el Estado de Veracruz. Memorias de CONAFRUT: Morelia, Mich. pp. 5-8.
- Hernández, A. y Yañez, P. 1980. Morfología y biología floral en ciruela mexicana en el estado de Veracruz. Memorias del Simposium "La investigación del desarrollo experimental y docencia en CONAFRUT, durante 1978. 3: 875 - 880.
- Herrera, T. y Ruiz-Oronoz, M. 1961. Botánica Criptogámica. ECLALSA, Porrúa, México.
- Heywood, H. 1969. Taxonomía Numérica. Ed. Alhambra, Madrid.
- Howland, D., Oliver, R. and Davy, A. 1995. Morphological and molecular variation in populations of *Betula*. New Phytologist. 130 (1): 117 - 124.

- Hutchinson, J. 1973. The families of flowering plants. Macmillan, Oxford.
pp. 43 - 48, 53 - 57, 67 - 84, 101 - 104, 126 - 131, 145, 446 - 459.
- INEGI. 1993. Municipios del Estado de Michoacán. Secretaria de
Gobernación y Gobierno del Estado de México. pp. 468 - 470.
- INEGI. 1998. Anuario estadístico del estado de Michoacán. pp. 1 - 34.
- Inés, C. 1991. Frutas de América tropical y subtropical. Historias y usos. Ed.
Norma, Bogota, Colombia. 179 p.
- Izquierdo, L. 1995. Estructura y variación genética en 4 especies de
Aechmea (Bromeliaceae) en México: *A. mexicana* (Baker), *A.*
lueddenanniana (K: Koch) Brongn. Ex. Mez. In Eng. Pflanzl., *A.*
macvaughii L. B. Smith, y *A. tuitensis* (P. Magaña y A. Lott).
Tesis Doctoral. Centro de Ecología. Universidad Nacional Autónoma
de México (UNAM). 129 pp.
- Jiménez, Q. 1993. Manual de Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad
y Missouri Botanical Garden, última modificación 3 de agosto de
1996. pp. 1 - 3. www.spondias.com
- Jiménez, Q. 1994. Manual de Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad
y Missouri Botanical Garden, última modificación 3 de agosto de
1996. www.spondias.com
- Jiménez, Q. 1995. Manual de Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad
y Missouri Botanical Garden, última modificación 3 de agosto de
1996. www.spondias.com

- Juliano, J. 1934. Origin of embryos in the strawberry mango. *Philipp. J. Sci.* 54: 553.
- Kernan, C. 1988. *Manual de Costa Rica*. Instituto Nacional de Biodiversidad y Missouri Botanical Garden, última modificación 3 de agosto de 1996. www.spondias.com
- Kewensis. 1994. *Spondias* (Anacardiaceae). Compact disc. Trustees on the Royal Botanic Gardens. Kew England. In Herbario Nacional de México (MEXU). Instituto de Biología UNAM.
- Kochmer, P. y Handel, N. 1986. Constraints and competition in the evolution of flowering phenology. *Ecological Monographs.* 56 (4): 303-325.
- Kosterman, J. 1991. Kedondong, Ambarella, Amra. The Spondiadeae (Anacardiaceae) in Asia Tropical and the Pacific area. In: O. Rachtnat (Ed): Bogor, Indonesia. 100 pp.
- Laemmili, K. 1970. *NATURE.* 227:668.
- Lawrence, H. 1989. *Taxonomy of vascular plants*. Macmillan, New York
- León, J. 1968. *Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA (IICA), San José, Costa Rica. p. 487.
- León, J. 1987. *Botánica de los cultivos tropicales*. IICA. San José Costa Rica.
- León, J. and Shaw, P. 1990. *Spondias: The red mombin and related fruits*. In: Nagy, S., Shaw, P., Wardowski, N. F. (eds). *Fruit of tropical and subtropical origin*. Lake Alfred, Florida. pp. 116 - 126.

- Leroy, F. 1947. La polyembryonie chez les citrus. Son intérêt dans la culture et l'amélioration. *Re. Int. Bot. Appl. Paris* 27: 483 – 495.
- Little, E.; Wardowski, M. y Marrero, J. 1967. Árboles comunes de Puerto Rico y las Islas Virgenes. Edit. Univ. De Puerto Rico. 827pp.
- Martin, W. and Hutchins, Ch. 1980. A flora of New Mexico. Cramer, Germany (1): 1200-1203.
- Martínez, M. 1969. Plantas Medicinales de México. 5a. Edición. Ediciones Botas, México. 628 pp
- Martínez, M. 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica, México. pp. 185 - 187.
- Mendieta, R. y Del Olmo, S. 1981. Plantas Medicinales. Instituto Nacional de Investigaciones sobre recursos bióticos (INIREB), Xalapa, Veracruz, Compañía Editorial Continental (CEC), México. pp. 321 – 322.
- Morales, J. 1992. Manual de Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad y Missouri Botanical Garden, última modificación 3 de agosto de 1996. www.spondias.com
- Mortón, F. 1987. Fruits of warm climates. Ed. J. L. Morton Miami, FL.
- Munsell. 1975. Munsell Soil Color Chart.
- Nakasone, H. 1987. Papaya In: Handbook of fruit set and development. Monseliese S. P. (Ed) CRC. Press Inc. Boca Ratón Florida. pp. 277 - 301.

- Nava, G. y Uscanga, M. 1979. Contribución al estudio químico de 9 tipos de *Spondias* sp. y 17 tipos de *Byrsonima crassifolia* L. En dos regiones del Estado de Veracruz. Memoria del Simposium "La investigación del desarrollo experimental y docencia CONAFRUT, durante 1979". 3: 875 - 880.
- Niembro, A. 1990. Árboles y arbustos útiles de México. Limusa, México. pp. 170
- Ochse, J., Soule, M., Dijkman, M. y Wehlburg. 1965. Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales. Limusa-Wiley, México. p. 828
- Ollerton, J. Lack, J. 1992. Flowering phenology: un example de relaxation of natural selection? Trends in Ecology and Evolution. 7 (8):274-276.
- Olmedo, M. 1992. Caracterización y distribución del germoplasma de ciruela Mexicana (*Spondias* spp) en el estado de Morelos. Tesis Licenciatura Depto. De Fitotecnia. UACH, México. 72 pp.
- Ortega, M., Avendaño, S., Gómez-Pompa, A. y Ukan, E. 1993. Los solares de Chunchucmil Yucatán, México. Biotica Nueva Época. 1: 37 - 51.
- Pennington, D. y Sarukhan, J. 1968. Manual para la identificación de campo de los principales árboles tropicales de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Secretaría de Agricultura y Ganadería, México. p. 413.

Porter, L. 1967. Taxonomy of flowering plants. W. H. Freeman and Company
San Francisco. pp. 102 - 126, 332 - 337.

Radford, A., Dickison, W., Massey, J. and Bell, R. 1974. Vascular plant
systematics. Harper & Row New York. pp. 84 - 151.

Ramírez, . 1991. Manual de Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad y
Missouri. Botanical Garden, última modificación 3 de agosto de 1996.
pp. 1-3. www.spondias.com

Rathcke, B. and Lacey, P. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants.
Annual review of ecology and systematics. 16: 179 - 214.

Rivas, S., Santos, A., Gómez, C., Carravedo, M. Jouve, N. y Pérez, F. 1979.
Botánica. Fundación Juan March, Madrid. pp. 55 – 60.

Rodríguez, A. 1994. Manual de Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad
y Missouri Botanical Garden, última modificación, 3 de agosto de
1996. pp. 1-3. www.spondias.com

Rojas, T. y Sanders, W. 1985. Historia de la agricultura. Época
Prehispánica. Siglo XVI. Instituto Nacional de Antropología e Historia
(INAH), México. Tomo 1. 266 pp.

Ruiz, P. 1985. Las Anacardiaceas en la Cuenca Alta del Papaloapan, Sureste
de Puebla y Noroeste de Oaxaca. TESIS de Facultad de Ciencias,
UNAM. pp. 1 - 9.

- Rzedowsky, J. 1963. Flora excursoria en el Valle Central de México. Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. pp.13 - 15, 90 - 92.
- Rzedowsky, J. y Rzedowsky, G. 1985. Flora fanerogámica del Valle de México. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB-IPN). Inst. Ecología, México. 2: 36 pp.
- Rzedowsky, J. 1988. Vegetación de México. Limusa, México. pp. 9 - 20, 76, 173, 175, 187.
- Sánchez, O. 1986. La Flora del Valle de México. Herrero, México. pp. 244 - 247.
- Sánchez, S., Rubí, A. y Saavedra, C. 1992. El potencial frutícola en México. 35º. Aniversario. Colegio de Postgrado en Ciencias Agrícolas. Primera Reunión Internacional y Segunda Reunión Nacional. Frutales nativos e introducidos con demanda nacional e Internacional. CICTAMEX, Coatepec, Harinas, México. pp. 1-10.
- Scagel, R., Bandoni, R., Rouse, G., Schofield, W., Stein, J. y Taylor, T. 1980. El Reino Vegetal. Omega, Barcelona. pp. 596 - 604.
- Sing, B. 1970. Genotecnia de cultivos tropicales perennes mango (*Mangifera Indica* L.). Jardín Botánico Nacional Lucknow, India. pp. 280-291.
- Socias, R., Kester, E. y Bradey, V. 1987. La polinización de los frutales. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Barcelona, España. Folleto No. 8.

- Sokal, R. and Sneath, P. 1963. Principles of Numerical Taxonomy. W. H. Freeman and company. San Francisco.
- Sokal, R. 1973. Numerical Taxonomy. W. H. Freeman and Company. San Francisco.
- Soriano, M., Cruz, L. y Ortíz, G. 1995. Biología, cultivo y manipulación de la mosca de la fruta (*Drosophilla melanogaster*). UNAM. Campus Iztacala. pp. 19 - 23.
- Souza-Novelo, N. 1949. Los ciruelos de Yucatán. Bol. Soc. Bot. México. 9: 5 -12.
- Standley, C. 1926. Trees and shrubs of México. Contr. US. Nat. Herb. 23: 1-17.
- Standley, P. y Steyemark, J. 1949. Flora de Guatemala. Fieldiana: Botany. 24 (4): 191 - 194.
- Strasburger, E., Noll, F. y Schimper, A. 1985. Tratado de botánica. 7a. Edición, Omega, Barcelona. pp. 153 - 156, 796 - 836, 860 y 862.
- Takhtajan, A. 1969. Flowering plants origin and dispersal. Smithsonian Institution Press. Washington D.C. 310 pp.
- Terán, S. y Rasmussen, C. 1994. La milpa de los mayas. DANIDA. Cap. 7. pp. 71-91.
- Villareal, J. 1993. Introducción a la Botánica Forestal. Trillas, México. pp. 1 - 47 y 103.