

**Universidad Nacional Agraria
Facultad de Agronomía
Escuela de Producción Vegetal**

**Trabajo de Tesis Requisito Previo para Optar al Título de
Ingeniero Agrónomo:**

TEMA

Establecimiento de un Banco de Gerinoplasma de
Jatropha curcas L.

Presentado por

Juan Antonio Jovel Castillo

Asesor

Charles E. Aker, Ph. D.

Managua, Nicaragua.

Noviembre 1996

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a mi asesor el Dr. Charles L. Aker por todo el interés y dedicación que siempre mostró el cual fue indispensable para la realización de éste trabajo.

También deseo expresar mi agradecimiento al organismo austriaco Sucher & Holzer por el apoyo financiero y material, sin el cual este estudio no hubiera sido posible.

Y por supuesto, al claustro de profesores de la Universidad Nacional Agrária, quienes día a día aportan su granito de arena en la formación de las nuevas generaciones.

DEDICATORIA

*A Juan Antonio
y Zoila Angélica,
por su ejemplo.*

INDICE GENERAL

	Págs
AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA.....	ii
INDICE GENERAL.....	iii
INDICE DE TABLAS.....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	xv
I- INTRODUCCION.....	1
II- OBJETIVOS.....	3
2.1- Objetivo general.....	3
2.2- Objetivos específicos.....	3
III- REVISION DE LITERATURA.....	4
3.1- Aspectos generales sobre <i>Jatropha curcas</i> L.....	4
3.1.1- Origen e importancia socioeconómica.....	4
3.1.2- Botánica.....	5
3.1.2.1- Taxonomía.....	5
3.1.2.2- Anatomía y morfología.....	6
3.1.3- Requerimientos agroecológicos.....	8
3.1.4- Plagas y enfermedades.....	10
3.2- Aspectos relacionados con el fitomejoramiento.....	12
3.2.1- Breve reseña histórica del fitomejoramiento.....	12

3.2.2- Fundamentos genéticos del	
fitomejoramiento.....	13
3.2.3- Objetivos del mejoramiento genético.....	15
3.2.4- Conservación y empleo de recursos	
fitogenéticos a nivel mundial.....	16
3.2.5- Importancia de la diversidad genética.....	17
3.2.6- Tipos y fuentes de variabilidad.....	19
3.2.7- Importancia de la variabilidad silvestre	
para el fitomejoramiento.....	20
3.2.8- Estrategias y métodos para la conservación	
de germoplasma.....	22
3.2.8.1- Métodos de conservación <i>ex-situ</i>	23
3.2.9- Tamaño y estructura de las colecciones.....	25
3.2.10- Principios y estrategias de evaluación.....	27
4- MATERIALES Y METODOS.....	30
4.1- Creación del vivero.....	30
4.2- Establecimiento definitivo.....	31
4.3- Mediciones de campo.....	33
4.3.1- Precipitación.....	33
4.3.2- Longitud del tallo principal.....	33
4.3.3- Número de ramas.....	34
4.3.4- Distancia promedio entre nudos.....	34
4.3.5- Diámetro basal.....	35
4.3.6- Floración y fructificación.....	35
4.2.7- Análisis de datos.....	37

5- RESULTADOS Y DISCUSION.....	40
5.1- Germinación.....	40
5.2- Precipitación.....	41
5.3- Longitud del tallo principal.....	44
5.4- Número de ramas por planta.....	46
5.5- Distancia promedio entre nudos del tallo principal.....	48
5.6- Diámetro basal.....	49
5.7- Aspectos relacionados con la floración.....	51
5.7.1- Precocidad.....	51
5.7.2- Porcentaje de plantas florecidas por familia..	52
5.8- Rendimiento de semilla seca.....	53
5.9- Morfología de frutos y semillas.....	55
5.9.1- Peso húmedo del fruto.....	55
5.9.2- Longitud promedio de frutos.....	56
5.9.3- Diámetro promedio de frutos.....	56
5.9.4- Longitud promedio de semillas.....	57
5.9.5- Peso promedio de pulpa.....	57
5.10- Plagas y enfermedades.....	59
VI- CONCLUSIONES	61
VII- RECOMENDACIONES.....	63
VIII- REFERENCIAS.....	64
IX- ANEXOS.....	69

INDICE DE FIGURAS

- 1- Precipitación diaria registrada durante 1994,
Cristo Rey, Quezalguaque, León..... 41
- 2- Precipitación mensual registrada durante 1994,
Cristo Rey, Quezalguaque, León..... 43
- 3- Longitud promedio del tallo principal para cada familia
extranjera de *Jatropha curcas* L. 45
- 4- Número promedio de ramas para cada familia de variedades
extranjeras de *Jatropha curcas* L..... 47
- 5- Distancia promedio entre nudos del tallo principal para
las diferentes variedades extranjeras de *Jatropha*
curcas L..... 48
- 6- Diámetro basal para las diferentes familias extranjeras
Jatropha curcas L. 95
- 7- Dias despues de la siembra en que cada familia alcanzó
el 50 por ciento de plantas florecidas..... 52

8- Porcentajes de plantas florecidas para cada familia dentro de su variedad correspondiente (con su respectivo intervalo de confianza).....	53
9- Rendimiento acumulado para cada una de las familias de variedades extranjeras.....	55

INDICE DE ANEXOS

- 1- Procedencia y porcentaje de germinación de la semilla sembrada en el vivero del banco de germoplasma. Fecha de siembra: 23 de abril de 1994..... 72
- 2- Mapa de la plantación del banco de germoplasma, finca La Esmeralda, Cristo Rey, León. Fecha de trasplante: 29 de mayo de 1994..... 73
- 3- Precipitación mensual registrada durante 1994. Banco de Germoplasma, Cristo Rey, Quezalguaque..... 77
- 4- ANDEVA para la variable peso de semilla secada al aire para las distintas variedades extranjeras de *Jatropha curcas* L..... 78
- 5- ANDEVA para la variable peso de semilla secada al horno para las distintas variedades extranjeras de *Jatropha curcas* L..... 78
- 6- ANDEVA para la variable porcentaje de pulpa para las distintas variedades extranjeras de *Jatropha curcas* L. (datos sometidos a transformación angular)..... 78

7- ANDEVA para la variable porcentaje de semilla para las distintas variedades extranjeras de <i>Jatropha curcas</i> (datos sometidos a transformación angular).....	79
8- ANDEVA para la variable porcentaje de cascarilla en las semillas de las distintas variedades extranjeras de <i>Jatropha curcas</i> (datos sometidos a transformación angular).....	79
9- ANDEVA para la variable porcentaje de almendra en las semillas de las distintas variedades extranjeras de <i>Jatropha curcas</i> (datos sometidos a transformación angular).....	79
10- Valores promedios finales y errores estándar para cada una de las variables estudiadas en el banco de germoplasma, Cristo Rey, Quezalguaque, 1994.....	80
11- Hoja de resumen para frutos y semillas.....	81
12- Programa utilizado para generar números aleatorios dentro de cada familia.....	82
13- Curvas de crecimiento para cada familia de la variedad Cabo Verde.....	83

14- Curvas de crecimiento para cada familia de la variedad Tailandia.....	84
15- Curvas de crecimiento para cada familia de la variedad Madagascar.....	85
16- Curvas de crecimiento para cada familia de la variedad México.....	86
17- Curvas de crecimiento para cada una de las variedades extranjeras de <i>Jatropha curcas</i> L.....	87
18- Porcentaje de plantas afectadas por ácaros dentro de cada familia de variedades extranjeras de <i>Jatropha</i> <i>curcas</i> L.....	88
19- Peso húmedo promedio para frutos de cada una de las familias dentro de su variedad correspondiente.....	89
20- Longitud promedio para frutos de cada una de las familias dentro de su variedad correspondiente.....	89
21- Diámetro promedio para frutos de cada una de las familias dentro de su variedad correspondiente.....	90

- 22- Longitud promedio para semillas de cada una de las familias dentro de su variedad correspondiente..... 90
- 23- Peso promedio de pulpa secada al horno para frutos para cada una de las familias dentro de su variedad correspondiente..... 91
- 24- Peso promedio de pulpa secada al aire para frutos para cada una de las familias dentro de su variedad correspondiente..... 91
- 25- Peso promedio por fruto de semilla secada al horno para frutos de cada una de las familias dentro de su variedad correspondiente..... 91
- 26- Porcentaje promedio de pulpa para frutos de cada una de las familias dentro de su variedad correspondiente..... 92
- 27- Porcentaje promedio de semillas para frutos de cada una de las familias dentro de su variedad correspondiente..... 92
- 28- Peso promedio de cascarilla para semillas de cada una de las familias dentro de su variedad correspondiente.. 93

29- Peso promedio de cascarilla para semillas de cada una de las familias dentro de su variedad correspondiente..	93
30- Porcentaje promedio de cascarilla para semillas de cada una de las familias dentro de su variedad correspondiente.....	94
31- Porcentaje promedio de cascarilla para semillas de cada una de las familias dentro de su variedad correspondiente.....	94

RESUMEN

Se estableció un banco de germoplasma de tempate (*Jatropha curcas* L.) en forma de plantación permanente adyacente al camino que conduce a la comarca Cristo Rey, Quezalguaque, León. En 1993 se recolectó semillas de plantas que se encontraban creciendo en forma semisilvestre en distintas regiones de Nicaragua, así como de plantas provenientes de Cabo Verde, Tailandia, Madagascar y México. Las variables evaluadas incluyen las siguientes: altura (longitud del tallo principal), número promedio de ramas, diámetro basal, distancia entre nudos del tallo principal, número y tamaño de las inflorescencias, tamaño y forma de los frutos y semillas, rendimiento de semilla seca, así como la resistencia a plagas, enfermedades y sequía.

Los resultados obtenidos indican que existe variabilidad genética entre las plantas pertenecientes a variedades extranjeras y que en la mayoría de los casos las diferencias observadas están enmarcadas entre variedades, siendo la variabilidad intravarietal muy reducida. Los resultados más relevantes están relacionados con el vigor, productividad y precosidad de las diferentes familias y variedades. Las variedades Cabo Verde, Tailandia y Madagascar, en ese orden, presentaron un crecimiento (longitud del tallo principal, número de hojas, diámetro basal) decididamente mayor al de la variedad mexicana. Sin embargo, la precosidad, número de ramas, porcentaje de plantas florecidas y rendimiento de semilla seca fue superior en la variedad mexicana que en el resto de variedades.

I- INTRODUCCION

El mejoramiento genético ha constituido uno de los pilares fundamentales para el desarrollo de los diferentes cultivos que hoy en día aportan grandes cantidades de recursos económicos a países cuya actividad productiva se encuentra ligada a la agricultura. Estos beneficios son el resultado del aumento exponencial de los niveles de rendimiento y los caracteres de resistencia agregados los cuales le permiten al cultivo soportar condiciones que le son desfavorables tales como plagas, enfermedades y factores abióticos en general. Mediante la correcta selección de genotipos y su adecuado manejo en la obtención de nuevos individuos recombinantes se pueden elevar dramáticamente los rendimientos del cultivar. En ese sentido los bancos de germoplasma constituyen la base genética para iniciar una cadena infinita de trabajos de mejoramiento encaminados a la obtención de caracteres agronómicos deseables para el cultivo.

Una de las formas mas generales de conceptualizar un banco de germoplasma corresponde a la definición emitida por Breese (1989), en la cual se concibe como una colección de individuos, los cuales constituyen un vasto rango de ciclos de vida, formas de reproducción y variabilidad en cuanto a sistemas génicos y cromosómicos se refiere.

El tempate (*Jatropha curcas* L.), es una planta tropical de amplia distribución que aún se encuentra en vías de domesticación, por lo tanto, surge la necesidad de concentrar genotipos divergentes provenientes de diferentes regiones geográficas que

divergentes provenientes de diferentes regiones geográficas que constituyan una base genética amplia para su mejoramiento, ya que este representa una alternativa de gran valor para enfrentar la creciente demanda de recursos energéticos que acosa a los países subdesarrollados, los cuales no cuentan con otras fuentes naturales para su obtención. Basado en lo anterior, el mejoramiento genético debe ser considerado una prioridad para la extensión del cultivo, por cuanto representa la posibilidad de incrementar sus bondades naturales y de esta forma alcanzar niveles satisfactorios de productividad y resistencia. Es importante no perder de vista, que en la medida que contemos con genotipos que respondan a todas las exigencias requeridas para la producción comercial, en esa proporción aumentará la rentabilidad y las perspectivas de éste para establecerse como una plantación permanente.

La razón que justifica este estudio es que la dependencia de una sola variedad (Cabo Verde por ejemplo), con variabilidad genética reducida, nos dejaría desprotegidos frente al peligro inminente del ataque de una plaga o una enfermedad, por tanto se proyecta el establecimiento de este banco de germoplasma en las mismas áreas donde estarán ubicadas las plantaciones comerciales del cultivo y sometida a las mismas condiciones edafoclimáticas y agronómicas (distancia de siembra, fertilización, clima, suelo, etc).

II- OBJETIVOS

2.1 Objetivo general:

- 1.- Establecer un banco de germoplasma permanente de tempate a base de la semilla recolectada en plantas semisilvestres de Nicaragua y de las variedades traídas de otros países para fines de selección y mejoramiento.**

2.2 Objetivos específicos:

- 1.- Conocer las características morfológicas y fenológicas de las plantas sembradas.**
- 2.- Realizar selecciones familiares e individuales de plantas con características sobresalientes para utilizarlas en la producción de híbridos.**

III- REVISION DE LITERATURA

3.1 Aspectos generales sobre *Jatropha curcas* L.

3.1.1 Origen e importancia socioeconómica.

El origen del tempate (*Jatropha curcas* L.), ha generado un gran número de hipótesis, lo cual pone de manifiesto su amplia distribución desde tiempos inmemoriales. Seegeler (1983), afirma que es originario de la región caliente de Centro y Sur América, desde donde fue introducida hacia Africa por los portugueses. De igual manera Peixoto (1973) y Sukarin et al. (1986), asocian el origen del tempate a América del Sur (Brasil), de donde fue introducido a las islas del archipiélago de Cabo Verde y posteriormente se extiende hacia Africa y la India. Sin embargo, otros autores, como Rupert et al. (1970), afirman que el alineamiento original del tempate indudablemente incluye la tierra caliente del sur de México y América Central, pero que también existen reportes de su ocurrencia en la parte oeste de la India en el siglo XVI y es posible que sea nativo de ese lugar.

En cuanto a la importancia socioeconómica del cultivo, Peixoto (1973), reporta que constituye un importante factor económico para países como Angola, Guinea, Mozambique, Filipinas y México. Roorda (1991), afirma que *Jatropha curcas* L. es un cultivo de múltiples usos y que su principal utilidad es como generador de energía no convencional al utilizar su aceite como sustituto del diesel.

En Nicaragua se está desarrollando un proyecto piloto cuyos principales objetivos son desarrollar el cultivo del tempate como sustituto del diesel, contribuir a reducir las importaciones de petróleo líquido, disminuir la dependencia del alimento proteínico animal a través de la torta residual de tempate, crear fuentes de trabajo para la población y contribuir a la protección del medio ambiente. Hasta el momento se han establecido 1000 ha de tempate, ubicadas en la zona occidental del país (Región II). Se proyecta instalar en 1996 una planta procesadora para la producción de ester metílico de aceite de tempate (EMAT) en la misma zona donde están ubicadas las plantaciones comerciales. Finalmente, se están realizando numerosos trabajos exprimentales con el objetivo de conocer más acerca de la biología y fenología de esta planta para lograr una explotación eficiente (PETRONIC, 1994).

3.1.2 Botánica.

3.1.2.1 Taxonomía.

En 1753, Linneo le asignó su nombre y éste proviene de la palabra griega *Jatro*, que en castellano significa doctor, y *Trophe*: alimento; *curcas* se presume que es un nombre indio o turco. En general el nombre científico de esta planta tiene sus orígenes en el uso medicinal que antiguamente se hacia de ésta (Roorda, 1991).

Jones (1988), utilizando el sistema de A. Cronquist, reporta la siguiente clasificación taxonómica.

División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsidae
Subclase: Rosidae
Orden: Euphorbiales
Familia: Euphorbiaceae
Género: *Jatropha*
Especie: curcas

3.1.2.2 Anatomía y morfología.

Roorda (1991), describe al tempate como una planta pequeña y siempre verde, con ramitas glabras y gruesas, de madera suave y de 3 a 4 metros de altura. Por su parte Peixoto (1973), refiriéndose al tempate, afirma que ésta puede alcanzar alturas de hasta 7 y 8 metros en dependencia de las condiciones ambientales de cada lugar.

El sistema radicular es de corta longitud y poco ramificado (Peixoto, 1973 y Seegeler, 1983). El tallo es erecto y presenta corteza gris o rojiza enmascarada por grandes parches blancos. La madera y la médula contienen largos vasos lactíferos, los cuales se extienden hasta las raíces (Seegeler, 1983).

Respecto a las hojas, Seegeler (1983), las describe como grandes, alternas, palminervadas, tri o pentalobuladas, pecíolos largos, color generalmente oscuro y caducifolias. Roorda (1991), agrega que éstas pueden tener color rojizo y su longitud varía de 10 a 18 cm y que poseen ápice puntiagudo y base acorazonada. Por su parte, Peixoto (1973), afirma que éstas poseen una nervadura principal que parte del pecíolo y que además existen otras nervaduras divergentes cuya disposición asemeja los dedos de un ave.

Según Peixoto (1973), Seegeler (1983) y Roorda (1991), las flores son pentámeras, monosexuales, y raramente hermafroditas, su color es amarillento o verde en dependencia del sexo, su tamaño oscila entre 7 y 8 mm de diámetro y se disponen constituyendo cimas terminales corimbiformes, en cuya periferia se alojan las flores masculinas, las flores femeninas tienden a ocupar las posiciones centrales o axilares de la inflorescencia.

El fruto botánicamente constituye una cápsula indehiscente mientras está en el árbol. Generalmente es tricarpelar y ocasionalmente tetracarpelar. Se encuentra surcado por 6 líneas que indican las suturas ventrales y dorsales de los carpelos (Peixoto, 1973). Por su parte, Roorda (1991) agrega que el diámetro del fruto oscila entre 1.5 y 4 cm.

Respecto a la semilla, Seegeler (1983), la describe como elíptica, de color negro con puntos amarillentos y con un carúnculo rojizo bilobulado. La semilla posee de 33.7-45 por ciento de cáscara y de 55-66 por ciento de almendra en dependencia de la

variedad, condiciones ecológicas y prácticas de cultivo (Peixoto, 1973).

Roorda (1991), citando a varios autores, presenta la siguiente tabla descriptiva para algunas de las características de importancia de las semillas de tempate.

Tabla 1. Algunas características de importancia de las semillas de tempate.

Parámetro	Mínimo	Máximo	Promedio
Longitud (mm)	11	30	18
Ancho (mm)	7	11	10
Peso (g)	0.41	0.80	0.65
# Sem /100 g.	142	249	195.5
# Sem / lt.	548	792	670

3.1.3 Requerimientos agroecológicos.

El tempate se encuentra principalmente en países secos, calientes y en regiones ecuatoriales; es particularmente robusto en altitudes medias y zonas húmedas (Roorda, 1991). Según Patil y Sing (1991), el tempate se encuentra ampliamente distribuido en los trópicos y subtrópicos y lugares calientes, pero también se le encuentra en lugares de baja temperatura. Referente a la altitud, Roorda (1991), reporta que al tempate se le puede encontrar desde 0-1600 msnm, pero que su rango óptimo está entre los 450 y 750 msnm. Al parecer, la duración del día no tiene influencia significativa sobre el desarrollo del cultivo (Roorda, 1991).

Respecto a los requerimientos hídricos del cultivo, afirma que se pueden obtener beneficios económicos con precipitaciones entre 200 y 250 mm anuales, pero el nivel de rendimiento se incrementa a medida que éstas aumentan, considerándose óptimas entre 625 y 750 mm anuales.

Las condiciones edáficas pueden ser diversas puesto que el tempate se adapta a calidad promedio entre pedregoso y arcilloso con rangos de pH desde 4.5 hasta alcalinos (Roorda, 1991).

El mismo autor, refiriéndose a la fertilización, afirma que el tratamiento de los suelos con abonos orgánicos y fertilizantes puede mejorar sustancialmente las cosechas. También reporta que pequeñas cantidades de calcio, magnesio y azufre son provechosas para el cultivo.

En Nicaragua, Bauer (1993), realizó estudios en la localidad de Telica, León, sobre la respuesta del cultivo a diferentes fertilizantes, y basada en éstos afirma que existe relación entre el aumento de la dosis de nitrógeno y fósforo y el incremento en los rendimientos del cultivo (número de frutos, peso de frutos frescos, peso de semilla seca, etc.). También reporta que, al agregar estos elementos, se estimula la floración. La misma autora también afirma que al aplicar 45.4 kg/ha de nitrógeno y fósforo se logró obtener, con respecto a un testigo, un aumento del rendimiento del 89 por ciento en la variedad Cabo Verde y 50 por ciento en la variedad Nicaragua. Finalmente, relata que la aplicación de potasio no tuvo influencia significativa y que posiblemente este comportamiento se deba al alto contenido

presentan los suelos volcánicos y de reciente formación en los cuales se realizó el experimento.

3.1.4 Plagas y enfermedades.

Peixoto (1973), reporta que el tempate es bastante resistente al ataque de plagas y que posiblemente se deba a exudaciones de látex cáustico que la planta produce, la cual actúa como repelente; sin embargo, puede comportarse como un huésped de peligro para cultivos aledaños.

No obstante, Munguía (1993), en estudios desarrollados en áreas experimentales en distintas regiones de Nicaragua (aún no publicados), presenta la siguiente tabla de resumen en la cual se indican las plagas más importantes y sus principales afectaciones al cultivo.

Tabla 2. Principales especies de insectos reportados en el cultivo de Tempate.

Espece	Familia	Lugar de afectación	Tipo de afectación
<i>Acanthocephala granulosa</i> (Dallas)	Coreidae	Fruto	-
<i>Acrostenum marginatum</i> Pal. de Beau	Pentatomidae	Fruto	-
<i>Cheylisoma varibilis</i> Suffrian	Scutelleridae	Tallo	-

<i>Cryptocephalus irroratus</i> Suffrian	Chrysomelidae	Hoja	-
<i>Cyrtodisca major</i> (Signoret)	Cicadellidae	Hoja y pecíolo	-
<i>Homalodisca icthyocephala</i> Signoret	Cicadellidae	Hoja y pecíolo	Defoliación
<i>Hypselonotus intermedius</i> Distant	Coreidae	Flor	Caída
<i>Lagocheyrus undatus</i> (Voet)	Cerambycidae	Tallo	Barrenar
<i>Leptoglossus zonatus</i> Dallas	Coreidae	Hojas y flores	Defoliación
<i>Microcentrum myrtifolium</i> Sausure (Drury)	Tettigoniidae	Hoja	Defoliación
<i>Oncometopia clarior</i> (Walker)	Cicadellidae	Hoja y pecíolo	-
<i>Pachycoris torridus</i> (Scopoli)	Scutelleridae	Fruto	Vaneo
<i>Pantomorus femoratus</i> Sharp	Curculionidae	Hoja	Defoliación
<i>Phyllophaga sp.</i>	Scarabacidae	Raíz	Cortar
<i>Scuderia sp.</i>	Tettigoniidae	Hoja	Defoliación
<i>Spodoptera eridania</i> (Cramer)	Noctuidae	Hoja	Defoliación
<i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E. Smith)	Noctuidae	Hoja	Defoliación
<i>Spodoptera sunia</i> (Guen)	Noctuidae	Hoja	Defoliación

Referente a las enfermedades, la literatura no reporta estudios consistentes al respecto; sin embargo, Peixoto (1973), reporta que en América del Sur se han encontrado algunos hongos como *Elsinoe sp.* y *Sphaceloma sp.* El autor también afirma que existe un mildiu polvoriento (*Oidium sp.*), el cual puede infectar la hoja del tempate.

3.2 Aspectos relacionados con el fitomejoramiento.

3.2.1 Breve reseña histórica del fitomejoramiento.

Puede decirse que el descubrimiento hecho por Camerario en la segunda mitad del siglo XVII de que las plantas poseen sexo y que, por lo tanto, se podían reproducir en forma cruzada, marcó el inicio de la ciencia del mejoramiento genético de las plantas. La clasificación hecha por Linneo proporcionó un método ordenado para una agrupación apropiada. Los estudios de Weissman establecieron el concepto básico de que el germoplasma de las plantas pasaba de una generación a la siguiente. El botánico Holandés De Vries explicó el origen y la naturaleza de las mutaciones y finalmente el genetista francés Vilmarin delinió los principios de la prueba de progenie, (Metcalf & Elkins, 1987).

Por su parte Márquez (1985), afirma que el mejoramiento genético de las plantas nace con la agricultura misma, pues el hombre escogía para la siguiente siembra las semillas provenientes de los mejores individuos. También afirma que se tienen reportes de

que mucho antes de que se descubrieran los principios básicos de la herencia y la variación que comprenden lo que hoy llamamos genética el hombre ya había formado poblaciones de plantas cultivadas diferenciadas entre si. Sin embargo, para que el mejoramiento genético llegue a adquirir carácter científico es necesario que los fenómenos en los que se basaba el mejoramiento hasta entonces practicado dejen su carácter empírico y comience a tratar de dilucidar a qué causas de tipo universal obedecen, a fin de poder sujetarlas a cierto control y utilizarlas para los fines mas convenientes.

Por su parte *Mesén (1995)*, afirma que existen dos postulados que establecen la base científica del mejoramiento genético: i) Las formas vivientes no son constantes; continuamente están dando origen a formas diferentes, es decir generan variabilidad y ii) Solo los cambios genéticos son heredables, por lo tanto es necesario entender las formas y causas de la variabilidad para hacer uso de la variación que sí es heredable. Así mismo, se debe utilizar esa variación racionalmente para no perjudicar su uso por parte de las generaciones venideras.

3.2.2 Fundamentos genéticos del fitomejoramiento.

La comprensión inicial de la genética se obtiene del conocimiento de lo que significan los caracteres inherentes de un organismo. Las numerosas facetas por medio de las cuales podemos

reconocer un individuo constituyen su fenotipo. Sin embargo, la progenie no hereda los fenotipos de sus padres, mas bien hereda la capacidad de producir dichos fenotipos. Esta capacidad reside en el genotipo, el cual se encuentra compuesto de numerosas subunidades denominadas genes (Levine, 1974).

De acuerdo con Mesén (1995), todas las células de las plantas poseen dos juegos de cromosomas homólogos, cada uno proveniente de uno de los padres, dichos cromosomas están compuestos de proteínas y ADN. El autor también afirma que una vez llegado el momento de la floración, ocurre un proceso de división celular llamado meiosis, el cual es un proceso reductivo puesto que el número de cromosomas de los gametos resultantes (óvulos o granos de polen) es exactamente la mitad de las células vegetativas.

La meiosis inicia con la replicación del ADN y el apareamiento de los cromosomas homólogos (uno de cada padre). Luego éstos se rompen e intercambian segmentos equivalentes. Posteriormente los cromosomas homólogos emigran hacia polos opuestos de la célula de manera aleatoria y se forman dos células hijas, cada una con una mezcla de genes maternos y paternos. Los cromosomas vuelven a dividirse y generan cuatro células gaméticas, cada una con la mitad del número cromosómico original. Cuando los gametos se unen durante la fecundación se genera un cigoto que contendrá el mismo número de cromosomas que sus padres, pero una combinación de genes completamente nueva, finalmente el autor afirma que cada gen puede estar representado en la población por una o más formas alternativas, llamadas alelos, de cuya interacción resulta la

variabilidad continua que frecuentemente observamos dentro de las poblaciones de una especie (mesen, 1995).

3.2.3 Objetivos del mejoramiento genético.

El mejoramiento genético tiene como objetivos maximizar ciertas características, como adaptabilidad de una especie al sitio potencial de plantación, incrementar la tasa de crecimiento, aumentar la resistencia contra plagas y enfermedades, y mejorar la calidad del producto final (Querol, 1988; Mesén, 1995).

Simmonds (1981), plantea que los objetivos de un programa de mejoramiento genético pueden ser discutidos en términos biológicos y económicos. Fundamentalmente se persigue mejorar la productividad y calidad de los cultivares y paralelamente surge la necesidad de incorporar otros caracteres (como los de resistencia) para alcanzar los objetivos propuestos.

Por su parte, Metcalfe y Elkins (1987), señalan que el objetivo principal del fitomejoramiento es combinar variedades progenitoras en cruce para obtener nuevas combinaciones de caracteres no encontradas en cualquiera de los progenitores originales.

Finalmente, Fuentes et al.(1981), concluyen que, mediante el mejoramiento de plantas, se procura desarrollar aquellos caracteres y cualidades internas de las variedades determinadas genéticamente, que en función de condiciones concretas de producción posibilitan

una alta efectividad económica de las restantes ramas de la producción agrícola.

3.2.4 Conservación y empleo de recursos fitogenéticos a nivel mundial.

El papel de los bancos de germoplasma en el mejoramiento de plantas cultivadas ha sido muy reconocido por investigadores dedicados a estudios relacionados (Gill, 1989). Sin embargo, el uso de colecciones de germoplasma, particularmente en los países desarrollados, es limitado.

Según FAO (1994), Etiopía es uno de los centros más ricos del mundo en diversidad fitogenética. Desde 1988 su centro de recursos fitogenéticos ha promovido la conservación y mejoramiento de las variedades silvestres en la explotación agrícola. En Nueva Delhi, capital de la India, Gill (1989), reporta que se han creado grandes colecciones mediante la exploración de germoplasma indígena e intercambio con instituciones nacionales e internacionales dentro del marco de adquisición, intercambio, evaluación y mantenimiento de cultivos de germoplasma. El autor también afirma que en Punjab Agricultural University (PAU), ubicada en la localidad de Ludhiana, los criadores mantienen 30 244 accesiones de varios cultivos, los cuales son evaluados y utilizados en programas de mejoramiento en los cuales se involucran criadores, fitopatólogos, agrónomos, entomólogos y especialistas en cada cultivo.

Por su parte, Marshall (1989), afirma que si bien algunas colecciones mundiales son bastante grandes, ninguna es tan completa como debiera; usualmente existen muchas duplicaciones del material y se clasifican selecciones estrechamente emparentadas, mientras que algunas taxa (grupos taxonómicos en particular) y regiones geográficas están aún sin muestrear. Desafortunadamente, el dramático incremento del material genético en los bancos de germoplasma no ha sido acompañado por incrementos en su utilización en trabajos de mejoramiento genético y experimentación biológica. Esto se debe fundamentalmente a que las colecciones son frecuentemente subevaluadas y por ende subutilizadas.

Según el planteamiento de FAO (1994), históricamente los países industrializados han obtenido los máximos beneficios de los recursos genéticos del planeta, pero dada la disparidad económica y social entre los *genéticamente ricos* y los *tecnológicamente ricos*, crece la presión de que los más beneficiados contribuyan más a los costos de asegurar que esos recursos estén debidamente caracterizados, eficientemente conservados, sosteniblemente empleados y que sean accesibles para todos.

3.2.5 Importancia de la diversidad genética.

La diversidad genética aporta la materia prima de los programas de mejoramiento de plantas. La mayoría de los principales cultivos en el mundo han sido cultivados en extensas

áreas geográficas e innumerables ambientes durante milenios y han generado enormes reservas de diversidad genética (Harlan y Starks, 1984). Por su parte, Gill (1989), afirma que el trabajo del fitomejoramiento puede ser optimizado cuando se trabaja con poblaciones compuestas de diferentes tipos de variabilidad genética superior, la cual se encuentra disponible en cultivos con antecedentes agronómicos deseables.

Sin embargo, la diversidad genética de muchos cultivos se está degradando con rapidez. Gran cantidad de material biológico inapreciable se ha perdido a medida que las variedades modernas, de alto rendimiento reemplazan paulatinamente a las poblaciones vernáculas anticuadas y a las variedades primitivas. En los últimos años ha tenido lugar un notable mejoramiento de las colecciones de cultivos prioritarios selectos; por supuesto, no es posible recuperar el material perdido, (Harlan & Starks, 1984).

Según la FAO (1994), a partir de los años cincuenta se iniciaron esfuerzos mundiales de conservación en respuesta a la rápida erosión de los recursos genéticos vegetales. Ya se ha salvaguardado toda una serie de recursos genéticos de interés para la agricultura y se siguen creando bases de datos para documentar ese material.

En las zonas donde se están agotando los recursos genéticos, para cubrir las necesidades básicas del mejoramiento la conservación *in situ* debe armonizarse con las necesidades humanas inmediatas, ya que una buena conservación depende de que se

cubran las necesidades de la población al propio tiempo que se asegura la sostenibilidad del recurso (FAO, 1994).

3.2.6 Tipos y fuentes de variabilidad.

Las plantas difieren de diversas maneras. Puede generalizarse con toda seguridad que no existen dos plantas exactamente iguales, aún cuando las observaciones se limiten a una sola especie (Poehlman, 1981).

A lo largo de las poblaciones de una especie se pueden encontrar tres clases principales de variación: (i) la variación en desarrollo, que se manifiesta debido a diferencia de edad entre las plantas, (ii) la variación ambiental, y (iii) la variación genética, que es la forma de variación que interesa al mejorador ya que de ella depende que los cambios observados puedan ser transmitidos a la descendencia (Mesén, 1995).

Según Mesén (1995), de acuerdo con Poehlman (1981), las variaciones genéticas y ambientales ocurren simultáneamente en la naturaleza, con frecuencia siguiendo patrones muy complicados. Por lo anterior es muy importante determinar qué porción de la variabilidad total es controlada genéticamente.

Respecto a las fuentes de variabilidad genética, Poehlman (1981), las atribuye a (i) recombinación de genes después de una hibridación, (ii) mutaciones y (iii) poliploidía. Además, agrega que mediante estos procesos las especies de plantas han

evolucionado en la naturaleza hasta alcanzar su estado actual de desarrollo. Por su parte, Mesén (1995), afirma que existen cuatro fuerzas diferentes que causan variabilidad: Mutación, migración, deriva genética y selección natural; las dos primeras tienden a aumentar la variabilidad dentro de poblaciones, mientras que las dos últimas tienden a reducirla.

3.2.7 Importancia de la variabilidad silvestre para el fitomejoramiento.

En el contexto del mejoramiento genético, existe un peligro muy serio, la pérdida de variación, que significa pérdida de germoplasma y por consiguiente la pérdida de plasticidad de las plantas cultivadas. El interés económico de los agricultores en producir siempre más, utilizando híbridos y variedades mejoradas de alta productividad, puede conducir a la extinción de variedades nativas y con ello las posibilidades futuras de mejorar las plantas cultivadas (Fuentes *et al.*, 1981).

Para muchos caracteres, la variabilidad genética útil en los cultivos de germoplasma está limitada o ausente. Bajo tal situación es una necesidad utilizar la variabilidad genética de especies silvestres (Gill, 1989).

En muchos países desarrollados, el mejoramiento genético puede ser extensivo; sin embargo, en la mayoría de los casos no se cuenta con fuentes apropiadas de variabilidad genética útil; tal

variabilidad puede, frecuentemente, estar disponible en los genotipos silvestres (Gill, 1989).

En un ejemplo palpable de lo anterior, Anderson (1992) reporta que la diminuta y frágil tomatera que Hugh Iltis recogió en los Andes peruanos en 1962, representa 20 años después unos 20 millones de dólares anuales para la industria tomatera estadounidense. Al respecto, el mismo Iltis (1990), relata que en 1963 envió muestras al doctor Charles Rick de la Universidad de California, quien hoy en día afirma haber logrado obtener una nueva variedad mejorada que produce grandes frutos y que éstos presentan un marcado incremento en su pigmentación. Pero lo más importante es que también presentan un marcado incremento en el contenido de sólidos solubles, principalmente fructosa, glucosa y otros azúcares, todos ellos de importancia primordial para la industria tomatera (Anderson, 1992).

Harlan & Starks (1984), afirman que el uso de razas silvestres dentro del acervo genético primario no ha sido explorado a fondo en la actualidad y que una investigación más sistemática entre las razas silvestres de las especies domésticas deberá permitir el descubrimiento de varias fuentes de resistencia.

Al respecto también se tienen reportes que el descubrimiento por Hugh Iltis de una población ancestral del maíz actual, denominado teosinte (*Zea diploperennis*), el cual presenta caracteres de resistencia a enfermedades y que además puede ser hibridizado con el maíz común (*Zea mays* L.), pues tiene veinte cromosomas, puede aportar grandes beneficios económicos a la

producción comercial del cultivo. Además presenta la particularidad de ser perenne y ha demostrado ser resistente a los virus mas graves de Estados Unidos y Africa: el virus enano clorótico del maíz y el virus rayado del maíz, dos enfermedades para las cuales no se conoce ninguna otra fuente de inmunización (Anderson, 1992).

Finalmente, Harlan & Starks (1984), afirman que las colecciones tienen su mayor deficiencia en cuanto a razas silvestres y especies emparentadas se refiere. No obstante, Gill (1989), justifica que una de las razones del pobre aprovechamiento de los genotipos silvestres en el mejoramiento genético es la dificultad de producir cruces extensos, debido a problemas como barreras de compatibilidad, ligamentos indeseables y falta de apareamiento y recombinación de los cromosomas.

3.2.8 Estrategias y métodos para la conservación de germoplasma.

La conservación no es un fin en sí, sino un medio para asegurar que los recursos genéticos vegetales estén a disposición de las generaciones presentes y futuras, (FAO, 1994).

Biológicamente, la manera más eficiente de conservar recursos genéticos es preservarlos en el medio en el cual se desarrollan (conservación *in situ*); sin embargo, esto resulta caro y laborioso, por lo tanto, se hace necesario conservar los recursos genéticos en colecciones (conservación *ex situ*), ya sea en forma de jardines de

colecta o en almacenes de semillas, plántulas, polen, células en cultivo o genes (Querol, 1988). Sin embargo, la experiencia demuestra que la diversidad es sólo segura cuando se emplea una variedad de estrategias de conservación (FAO, 1994).

3.2.8.1 Métodos de conservación ex-situ.

Bancos de semillas

En estas estructuras se guardan la semillas a baja humedad en recipientes herméticos y en cuartos refrigerados donde se ha establecido un sistema de desecación del aire (Fuentes et al., 1981). De acuerdo con FAO (1994), las condiciones proporcionadas a las semillas mediante este tipo de almacenamiento garantizan que la viabilidad de éstas se conserve durante períodos considerablemente largos.

Harlan & Starks (1984), Querol (1988) y FAO (1994), coinciden en que la semilla es la forma más simple de preservar colecciones de germoplasma y que con este método se logra que la semilla viva el máximo de tiempo con el mínimo de actividad fisiológica.

Bancos de genes extensivos

Los bancos de genes extensivos, como viveros, plantaciones o jardines botánicos, son útiles para especies de difícil o imposible

almacenamiento como semillas, en particular, muchas plantas perennes, cultivos de propagación vegetativa y especies arbóreas (FAO, 1994). Al respecto, Querol (1988), señala que estos se utilizan especialmente para la preservación de especies con semillas recalcitrantes y además agrega, que en el caso de especies perennes, el uso de este tipo de bancos permite mantener la información genética de manera estable.

Métodos *in vitro*.

Estos conservan partes vegetales, tejidos o células en un medio nutritivo. Pueden utilizarse para conservar especies que no producen fácilmente semillas o en lugares donde las semillas no pueden secarse sin sufrir daños (FAO, 1994).

El almacenamiento en cultivo de tejidos implica el empleo de un medio artificial, básicamente un substrato inerte (agar), sales, nutrientes varios y hormonas, los cuales con un manejo adecuado permiten el crecimiento lento de la plántula o tejidos (Querol, 1988).

En la actualidad quedan pocos cultivos para los cuales se desconoce un medio apropiado para su crecimiento *in vitro* y este método ha servido para mover recursos genéticos, reduciendo el riesgo de transportar simultáneamente plagas y enfermedades (Querol, 1988).

También existe otro método denominado criopreservación, que consiste en el almacenamiento a temperaturas ultrabajas (-196° C, temperatura del nitrógeno líquido). Este método puede utilizarse tanto para semillas y polen, como para células aisladas y tejidos (Querol, 1988; FAO, 1994).

En resumen, bajo condiciones ideales los bancos de genes proporcionan un almacenamiento a largo plazo pero no indefinido. Por desgracia, incluso el banco de genes más sofisticado no puede dar siempre una seguridad suficiente, por consiguiente siguen malográndose grandes colecciones de plasma germinal debido a deficiencias técnicas, dificultades financieras y desastres naturales (FAO, 1994).

Fuentes *et al.* (1981), sugiere que hay que cultivar periódicamente las plantas con el objeto de generar semillas y tejidos recientes para un almacenamiento continuado.

3.2.9 Tamaño y estructura de las colecciones.

"Si las colecciones de germoplasma serán usadas más en el futuro que en el presente, debemos tratar de constituir las mejores colecciones posibles. Este es el reto de una nueva fase en la saga de los recursos genéticos" (Brown, 1989).

De acuerdo con Chang (1989), la designación de una determinada colección como grande o pequeña, puede estar basada en la relación que existe entre el tamaño del área y la diversidad genética

presente en dicha colección. El mismo autor, ejemplificando lo anterior, afirma que las colecciones de arroz en China y la India suman 33 000 accesiones; sin embargo, tomando en cuenta las duplicaciones, el número de accesiones distintas puede resultar modesto al compararlo con los 100 000 cultivares de arroz que se presume hay en Asia. Por otra parte, las 24 000 accesiones de sorgo que se mantienen en The International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropic (ICRISAT), constituyen una muestra relativamente grande, pues comprende el 80 por ciento de las distintas accesiones del mundo (Chang, 1989).

Acerca del tamaño mas adecuado para una colección de germoplasma, existen planteamientos divergentes. Brown (1989), argumenta que, dada la necesidad de economizar recursos, una colección puede ser reducida hasta una colección medular o concentrada, la cual puede representar, con un mínimo de repeticiones, la diversidad genética de un cultivo y sus especies emparentadas. La razón que justifica una colección concentrada es la teoría de que los criadores pueden garantizar los alelos requeridos para su trabajo mediante cruces y selecciones.

Según Chang (1989), una colección grande, generalmente es más diversa en composición genética y representa una cobertura más amplia de diferentes ambientes eco-geográficos. Además, una amplia colección puede suministrar accesiones con varias características deseables para cualquier trabajo de mejoramiento. No obstante lo anterior, ambos autores coinciden en el hecho de que una colección

idónea debe estar constituida por la mayor diversidad genética posible.

Referente a la estructura de las colecciones Gill (1989), escribió: "Los criadores usualmente están interesados en usar solamente una pequeña fracción del total de germoplasma presente en una colección; por lo tanto, éstas deben estar constituidas por diferentes tipos de variabilidad genética superior como productividad, maduración, resistencia, y lo mas importante es la calidad del producto final".

3.2.10 Principios y estrategias de evaluación.

La evaluación es responsabilidad de los conservadores de colecciones de germoplasma y su eficiencia implica la interconexión entre instituciones y países dedicados al mejoramiento genético. Un aspecto muy importante es el uso de descriptores estandarizados y computarizados para el manejo de la información (Frankel, 1989).

Al mismo respecto, Querol (1988), afirma que ésta debe hacerse en función de los usos del cultivo y las características buscadas para mejorarlo, generalmente mejores rendimientos, simplificación de labores culturales y resistencia a plagas, enfermedades y condiciones de estrés.

Para generalizar el planteamiento de evaluación, es necesario definir qué se va a evaluar y posteriormente cómo se va a evaluar.

El qué se evalúa dependerá de las metas que se tienen para el uso de la especie, y en base a éstas se establece una lista de caracteres descriptores. El cómo se evalúa, generalmente se define en función de los conocimientos preexistentes sobre el cultivo en cuestión (Querol, 1988).

Williams (1989), en un sentido general, plantea que para realizar una efectiva evaluación y un uso extensivo de recursos genéticos en bancos de germoplasma es pertinente realizar una correcta documentación del material, crear bases de datos en comunión con otros bancos de germoplasma, determinar las estrategias de evaluación con la colaboración de expertos para desarrollar una guía específica de evaluación y finalmente debe establecerse una relación franca entre administradores de bancos de germoplasma y otros científicos relacionados a programas de mejoramiento genético.

Frankel (1989), coincide en que la participación multidisciplinaria durante la evaluación es esencial y afirma que el nivel de evaluación va a estar determinado por la colaboración establecida entre genetistas, fitofisiólogos, fitopatólogos, entomólogos, biogeógrafos, bioestadísticos y otros científicos relacionados con la ecología y la agronomía de un cultivo y su comportamiento en un rango ambiental determinado.

Por su parte Querol (1988), abordando el tema de la evaluación estadística de resultados, afirma que las técnicas de análisis de la información generada por la evaluación pueden partir desde gráficos descriptivos y niveles muy sencillos, suficientes para la

publicación de catálogos de uso general y llegar al uso de técnicas estadísticas multivariadas y de modelación. También agrega que el uso de un solo carácter facilita la interpretación y es posible dibujar histogramas simples o curvas de distribución para diferenciar poblaciones. Por otra parte, el análisis de dos o más caracteres puede realizarse por medio de correlaciones parciales, análisis factoriales y posteriormente el uso de diagramas para representar la covariación entre los caracteres.

IV- MATERIALES Y METODOS

El establecimiento del banco de germoplasma puede dividirse en dos etapas fundamentales, la etapa de creación del vivero y la etapa de establecimiento definitivo.

4.1 Creación del vivero.

Este fue ubicado en la finca La Esmeralda, situada en la comarca Los Zanjones, municipio de Posoltega, Chinandega. El suelo, una mezcla de tierra y estiércol vacuno, fue preparado con anticipación a la siembra con el objetivo de procurar su adecuada descomposición. La siembra fue realizada el día 23 de abril de 1994. Previamente se había seleccionado y pesado hasta 50 semillas de cada una de las 24 familias descendientes de plantas nativas encontradas en diferentes regiones del país e igual número de semillas para cada una de las tres familias pertenecientes a cada variedad extranjera (Cabo Verde, Tailandia, Madagascar y México), que fueron polinizadas con polen de otras plantas de la misma variedad (polinización cruzada).

Para la siembra se utilizó un máximo de 35 bolsas para cada familia, en 15 de las cuales se colocaron 2 semillas y en las 20 restantes únicamente una, completando de esta forma 50 semillas para cada familia, a excepción de aquellos casos en que no hubo semilla suficiente. En cada bolsa fue colocada una etiqueta de

madera con un código compuesto por dos números independientes; el primero indicando el número de la familia a la cual pertenecía la semilla sembrada, y el segundo indicando el número de semillas sembradas. Lo anterior sirvió para calcular el porcentaje de germinación alcanzado por cada familia. También se realizó un mapa, en el cual se incluyó exactamente una posición para cada planta, utilizando para su identificación el mismo código de las etiquetas.

4.2 Establecimiento definitivo.

El banco de germoplasma se encuentra ubicado adyacente al camino que conduce a la comarca Cristo Rey, en el municipio de Quezalguaque, León.

Una vez realizada la selección en el vivero, se logró obtener 22 familias nativas y 12 familias extranjeras (3 para cada variedad), cada una compuesta por 20 plantas, para un total de 440 plantas nativas y 220 extranjeras. Posteriormente se realizó una azarización de las posiciones que cada una de las plantas ocuparía en la parcela definitiva, conformando de esta manera un diseño completamente al azar. Previamente a la siembra fue construido un mapa en donde se incluyó la posición exacta que cada planta ocuparía, indicando su posición correlativa y el número de la familia a que pertenece (Anexo 2), esto con el objetivo de facilitar su posterior identificación al momento de realizar mediciones y recuentos. la selección del diseño a utilizarse (DCA) responde a la necesidad de homogenizar en la medida de lo posible los factores externos que pudiesen influir en la fenología y morfología de las plantas y de esta forma hacer mas confiable su comparación estadística.

La preparación del terreno se llevó a cabo de manera convencional (1 pase de arado y 2 pases de grada). La siembra fue efectuada a una distancia de 3 metros entre surcos por 3 metros entre plantas, midiéndose ésta con una cuerda de nylon previamente marcada. La parcela fue conformada por 34 surcos de 20 plantas cada uno, para un total de 680 plantas sembradas, ocupando un área de 5643 m². Una semana después se realizó la resiembra. En dicho momento fue necesario reponer alrededor del 3 por ciento de las plantas sembradas, las cuales presentaban afectaciones de diferentes tipos, tales como daños mecánicos, ataques por patógenos

del suelo, así como afectaciones por insectos defoliadores. En vista de lo anterior, algunas posiciones dentro del banco de germoplasma quedaron vacías, ya que no hubo un número suficiente de plantas para reponer todas aquellas que fueron dañadas.

4.3 Mediciones de campo.

4.3.1 Precipitación.

Para la medición de la precipitación se utilizó un pluviómetro ubicado en el mismo lugar del ensayo, la lectura diaria de dicho pluviómetro era realizada por la persona encargada del cuidado y mantenimiento de la parcela experimental.

4.3.2 Longitud del tallo principal.

Estas mediciones fueron iniciadas el 12 de junio de 1994, utilizando para ello cintas métricas y tomando como criterio la distancia correspondiente entre la base de la planta y el ápice del tallo principal. La razón por la cual se tomó la longitud del tallo principal en lugar de la altura fue que durante el primer año el viento tiende a arquear los tallos de las plantas, por lo cual la altura no refleja el verdadero desarrollo de éstas. Las

mediciones subsiguientes se continuaron realizando cada dos semanas hasta el final del primer ciclo productivo (16 de abril de 1995).

4.3.3 Número de ramas.

Este fue realizado al final del ciclo productivo determinándose de manera visual y considerándose como rama únicamente aquellas estructuras claramente definidas como tales de acuerdo a un criterio preestablecido, según el cual sólo son consideradas ramas verdaderas aquellas que poseen al menos 5 cm de longitud.

4.3.4 Distancia promedio entre nudos.

Se realizó una vez que las plantas habían perdido la mayor cantidad de hojas posibles. El procedimiento consistió en medir la longitud (cm) comprendida entre la base de la planta y el ápice del tallo principal o la primera bifurcación de éste. En dicha porción de la planta se contó el número de nudos comprendidos en ella y luego se dividió la longitud entre el número de nudos obteniendo la distancia promedio entre nudos del tallo principal.

$$\text{Distancia promedio} = \text{longitud(cm)} / \# \text{ de nudos.}$$

4.3.5 Diámetro basal.

Este fue tomado al final del primer ciclo productivo utilizando para ello un Caliper Vernier, en aquellos casos en que el tallo principal se bifurcaba desde la base, el diámetro basal fue determinado mediante la siguiente fórmula:

$$D=\sqrt{(D_1^2+D_2^2)}$$

Donde D1 y D2 son los diámetros de las ramas medidas.

4.3.6 Floración y fructificación.

El 25 de Octubre se inició la etapa de floración de las primeras plantas. A partir de esta fecha se comenzaron a registrar las inflorescencias producidas por cada planta para estimar su índice de precosidad, esto se determinó como la fecha en que el 50 por ciento de las plantas de cada familia se encontraba florecida.

Sin embargo, sería incorrecto afirmar que las proporciones (de plantas florecidas) observadas y calculadas a partir de muestras relativamente pequeñas como las nuestras, representan realmente la fracción de plantas florecidas durante el primer año que se obtendrían a partir de un número grande de descendientes que podría generar la misma planta madre de la muestra. Por lo cual se hace necesario calcular un intervalo de confianza (el cual esta representado por las barras de error de la figura 8), que delimite

el intervalo en cual puede fluctuar la afirmación.

Para tal efecto se utilizó la siguiente fórmula, que presentan *Snedecor y Cochran (1991)*,

$$p \pm [1.96 * \sqrt{(p*q/n) + \frac{1}{2}n}]$$

en donde:

p = la porción de plantas florecidas.

q = la porción de plantas no florecidas.

n = Tamaño de la muestra.

Posteriormente, con la formación de los frutos y la culminación de su desarrollo, éstos se cosecharon y se tomó de cada familia en producción una muestra variable de frutos (en dependencia de la disponibilidad de frutos amarillos para cada familia) para determinar las diferencias morfológicas de los frutos de las distintas variedades. Para tal efecto se utilizó el siguiente procedimiento: Inicialmente se midió el diámetro y la longitud de cada fruto, se tomó el peso húmedo del fruto y la longitud de cada semilla luego cada semilla fue colocada en una bolsita de papel, indicando el número de la planta, la posición de la inflorescencia, el número de la semilla (1,2,3,4 o P si se trataba de la pulpa) y finalmente la fecha de recolección.

Las semillas dentro de las bolsitas fueron secadas al aire durante 48 horas, luego se pesaron las semillas de cada fruto por separado, cuidando de no confundir la identidad de la semilla.

Posteriormente estas semillas y la pulpa correspondiente fueron secadas al horno durante 48 horas a 80°C, luego se pesó la pulpa de cada fruto y se separó la cascarilla y la almendra de cada semilla y fue pesada por separado.

Para el resto de frutos que no fueron sometidos a este procedimiento (por que no pudieron ser cosechados en el estado requerido), únicamente se registró el peso de la semilla secada al aire para cada planta, al cual fue sumado el peso total de semilla secada al aire de los frutos evaluados para obtener el rendimiento acumulado.

4.3.7 Análisis de datos.

Una vez creada la base de datos para cada una de las variables a evaluarse, se procedió a ordenar los datos por familia y asignar una nueva numeración correlativa a cada planta de tal manera que todas las plantas de cada familia se encontrasen agrupadas. Posteriormente se seleccionó al azar 15 plantas (que fue el mínimo de plantas vivas para cada familia), en las cuales fueron evaluados todos los parámetros propuestos. Para tal efecto se utilizó un pequeño programa escrito y compilado en Turbo Pascal (Anexo 12), mediante el cual se generan números aleatorios en un rango de 1 a 680 (que es el número de plantas originalmente sembradas) y a la vez en intervalos de 20 (número de plantas por familia), de tal forma que para cada familia se seleccionaron 15

plantas y se excluyeron del análisis las plantas restantes a cuyas posiciones dentro del banco de germoplasma correspondían los números aleatorios generados por el programa. El objetivo de este procedimiento es garantizar una selección realmente aleatoria y evitar de esta forma cualquier tipo de discriminación o preferencia por determinado grupo de individuos; por ejemplo los mas altos, los mas productivos, los mas precoces, etc.

El hecho de tomar muestras del mismo tamaño ($n=15$) se debe a que la comparación estadística es siempre mas confiable cuando se cuenta con igual número de réplicas para cada factor de comparación (en este caso familias), además las pruebas de rangos múltiples (comparación de medias) generalmente exigen esta condición.

En el caso de las familias nicaragüenses, los datos fueron sometidos a análisis de varianza.

En el caso de las variedades extranjeras los datos fueron analizados bajo un modelo anidado, o jerárquico, en el cual las familias se anidan dentro de su variedad correspondiente, de tal forma que los niveles de cada variedad son totalmente independientes de los niveles de las demás variedades. Mediante este modelo el efecto principal recae sobre las variedades y las familias constituyen un nivel secundario (de segunda jerarquía).

Los paquetes estadísticos utilizados para el análisis de datos fueron SYSTAT (módulo MGLH) para el caso de los análisis de varianza. En todos los casos fue llevada a cabo la validación de los supuestos teóricos del Análisis de Varianza mediante procedimientos gráficos para observar la distribución de nuestras

medias (normalidad), también se calculó la Kurtosis y la Simetría (Skewness), tomando como rango aceptable los valores comprendidos entre -1 y 1 y finalmente se graficaron los residuales versus estimados para verificar la normalidad de nuestros datos y en los casos en que fueron necesarias, se realizaron las transformaciones correspondientes, indicadas en cada caso.

Finalmente se realizaron gráficos descriptivos para los parámetros analizados. En los casos en que fue factible se incluyó el error estándar para poder observar la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos.

En este momento se hace necesario aclarar que aunque se han explicado de forma integral los materiales y métodos, (con el objetivo de mantener la estructura del diseño experimental), éste trabajo únicamente comprende la evaluación de las variedades extranjeras (Cabo Verde, Tailandia, Madagascar y México). La evaluación correspondiente a las familias nicaragüenses es objeto de otro tema de tesis.

V- RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 Germinación.

El porcentaje de germinación osciló entre 88-100 por ciento el cual puede ser considerado como excelente (Anexo 1). Aunque las diferencias entre las distintas variedades no son grandes, éste puede, en otros casos, ser el primer indicativo de la variabilidad entre los diferentes genotipos que se están evaluando. La longevidad de las semillas se define como el período de tiempo en que la semilla se mantiene viva, y está determinado por el factor genético; sin embargo, también las condiciones ambientales a las cuales esté sometida la semilla durante el almacenamiento son de gran influencia para el mantenimiento de la viabilidad de éstas. Una semana después de la siembra todas las plantas habían germinado satisfactoriamente.

Tambien se registró el peso promedio de las semillas sembradas para cada familia y al parecer existe cierta relación entre el mayor peso de la semilla con el potencial de germinación que éstas presentaron (Anexo 1).

5.2 Precipitación.

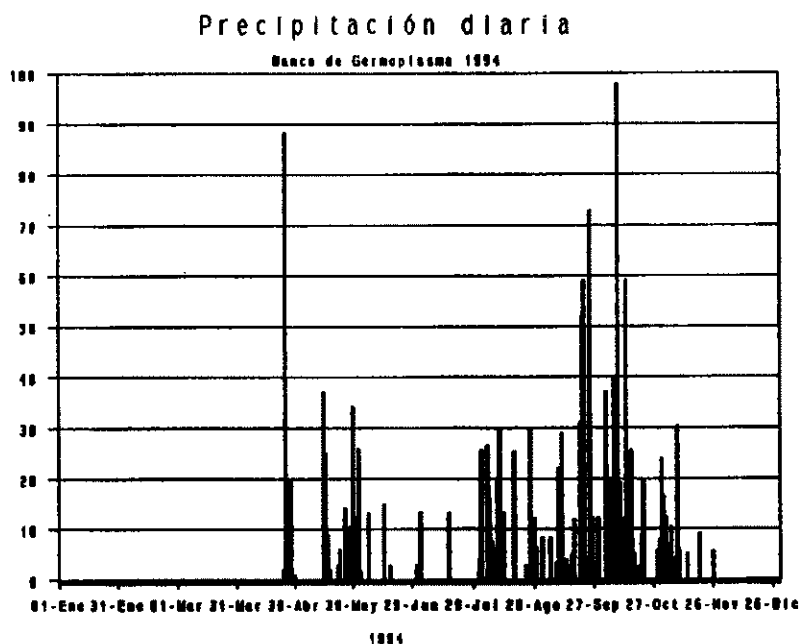


Figura 1. Precipitación diaria registrada durante 1994, Cristo Rey, Quezalguaque, León.

La precipitación acumulada para la zona durante el año 1994 fue de 1 566.5 mm, lo cual puede considerarse normal si lo comparamos con el promedio de los últimos años el cual es de aproximadamente 1 600-1 800 mm/año (Fuente: Aeropuerto Fanor Urroz, León). Sin embargo, la distribución de las lluvias fue bastante irregular, por lo cual el aprovechamiento, por parte de las plantas, de los volúmenes de agua caídos, no fue el más deseable. Las principales afectaciones se tradujeron en la reducción del crecimiento y por ende en el retraso de la etapa reproductiva. Por otra parte, es evidente que algunos genotipos (como los de la variedad mexicana) soportaron mejor las condiciones de estrés

provocadas por la sequía, la cual evidentemente afecta la disponibilidad de nutrientes para las plantas y la tasa de fotosíntesis.

El patrón seguido por las lluvias es el siguiente. Las primeras lluvias cayeron durante el mes de abril y se extendieron hasta finales del mes de mayo, lo cual favoreció el establecimiento de las plántulas provenientes del vivero (el trasplante fue realizado el 29 de mayo), debido a que el suelo se encontraba con suficiente humedad, lo cual con seguridad favorece la disponibilidad de elementos nutritivos, principalmente nitrógeno. Después del mes de mayo se presentó un período prolongado de sequía, exceptuando algunas lluvias aisladas y de baja intensidad, el cual se extendió hasta finalizar la canícula (inicios de agosto). Aunque es obvio que la falta de agua durante estos meses redujo el desarrollo de las jóvenes plantas, también es posible que este factor haya contribuido a que los índices de incidencia de plagas y enfermedades se hayan mantenido relativamente bajos. Una vez iniciada la época de postrera se observaron incrementos graduales de las lluvias hasta el mes de octubre. Finalmente, durante el mes de diciembre se registraron las últimas lluvias, iniciándose posteriormente el período seco propiamente dicho.

Lezama (1993), citando a Aker et al. (1993), afirma que la distribución de las lluvias en el tiempo es de mucha importancia para el desarrollo del cultivo.

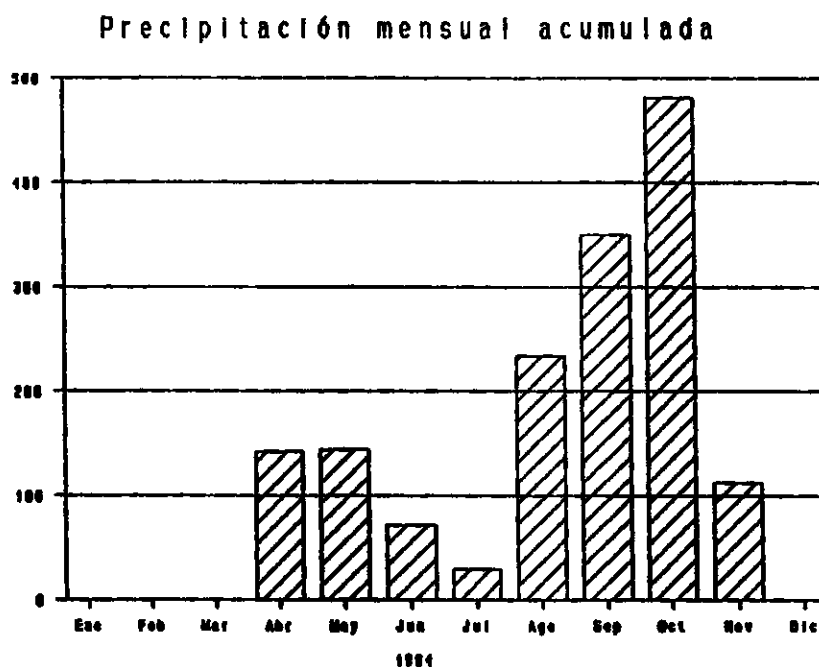


Figura 2. Precipitación mensual registrada durante 1994, Cristo Rey, Quezalguaque, León.

Los meses durante los cuales se registraron los mayores índices de precipitación fueron agosto con 234 mm, septiembre con 350.4 mm y octubre, que fue el mes mas lluvioso con 481.4 mm. Durante el mes de noviembre se registró un total de 112.7 mm. La precipitación acumulada para cada mes aparece registrada en el Anexo 3.

5.3 Longitud del tallo principal.

La variación entre la longitud final del tallo principal está enmarcada entre variedades y tiende a ser más estable dentro de las variedades (Figura 3). También puede observarse la predominancia de las variedades Cabo Verde y Tailandia, seguidas por la variedad Madagascar, y finalmente la variedad mexicana fue la que presentó el desarrollo más reducido en este sentido.

Tabla 3. Análisis de varianza para longitud del tallo principal.

F.Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P
Variedad	31715.972	3	10571.991	7.671	<0.001
Fam.dentro de variedad	7489.422	8	936.177	0.679	0.709
Cabo Verde	2952.044	2	1476.022	1.071	0.345
Tailandia	2186.533	2	1093.267	0.793	0.454
Madagascar	806.800	2	403.400	0.293	0.746
México	1544.044	2	772.022	0.560	0.572
ERROR	231542.667	168	1378.230		

En el análisis de varianza se puede apreciar que la diferencia observada entre variedades es altamente significativa (Tabla 3), por otra parte, no existe diferencia significativa entre las familias de cada variedad por cuanto la probabilidad aleatoria es mayor que 0.05, esto probablemente se deba a que las plantas madres, de las cuales se recolectó la semilla, tengan un origen común o emparentado.

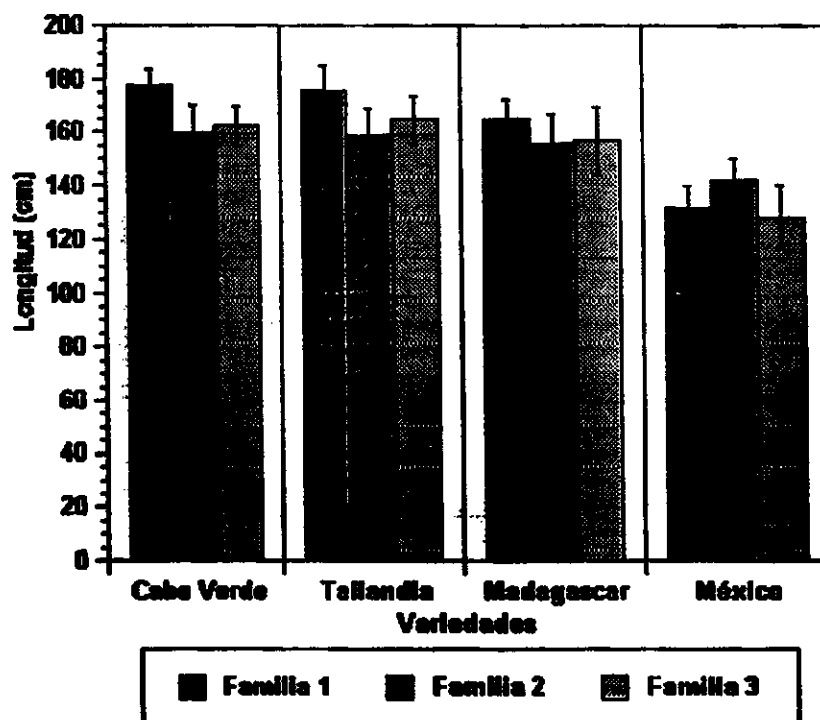


Figura 3. Longitud promedio del tallo principal para cada familia extranjera de *Loligo caracol* L.

En los anexos 13,14,15 y 16 se presentan las curvas de crecimiento para cada una de las variedades. En ellas se puede ver que el patrón de crecimiento dentro de cada variedad es bastante similar durante todo el trayecto de su desarrollo, aunque pueden notarse algunas variaciones (no significativas) entre el desarrollo de las familias de las variedades Cabo Verde y Tailandia, por ejemplo en la variedad Cabo Verde la familia # 25 siguió creciendo después que las otras dos detuvieron su crecimiento, lo cual sugiere que podría ser más resistente a la sequía. En la variedad México, la variación es mas obvia (aunque el análisis de varianza no es significativo). Puede observarse un mejor desarrollo de la familia # 36. Finalmente al calcular las medias por variedad y su

respectivo error estándar, se grafican las curvas de crecimiento de las cuatro variedades (Anexo 17). En dicha gráfica se observa que de forma general todas las variedades siguen un patrón de crecimiento similar. La influencia del período canicular se ve reflejado en el cese casi total del crecimiento (entre la tercera y la quinta medición). Al reiniciarse las lluvias las plantas continúan su crecimiento a un ritmo acelerado hasta la conclusión del invierno. Es importante recalcar que la variedad México siempre mantuvo un porte más bajo que el resto de las variedades; por tanto, si se acepta la efectividad del diseño utilizado, bajo el cual todas las plantas se encuentran creciendo en relativa igualdad de condiciones, entonces también es correcto aceptar que la diferencia observada entre variedades es producto de diferencias genéticas entre éstas.

5.4 Número de ramas por planta.

Al igual que en la longitud del tallo principal, la variabilidad en el número de ramas se concentra entre variedades, sólo en la variedad Tailandia hay diferencias significativas entre familias (Figura 4, Tabla 4).

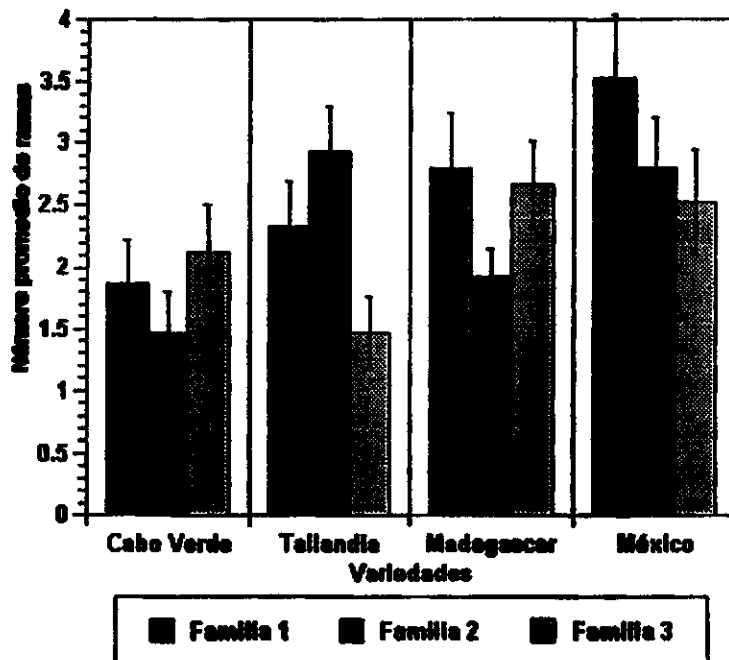


Figura 4. Número promedio de ramas para cada familia de variedades extranjeras de *Artocarpus curvat.*

Tabla 4. Análisis de varianza para número de ramas por planta dentro de las variedades extranjeras.

F.Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P
Variedad	30.061	3	10.020	4.628	< 0.001
Fam.Dentro de variedad	34.267	8	4.283	1.978	0.052
Cabo Verde	3.378	2	1.689	0.780	0.460
Tailandia	16.311	2	8.156	3.767	0.025
Madagascar	6.533	2	3.267	1.509	0.224
México	8.044	2	4.022	1.858	0.159
Error	363.733	168	2.165		

Lo más importante de observar es la diferencia entre variedades. La variedad Cabo Verde presentó el menor número promedio de ramas, lo cual manifiesta un crecimiento de tipo ortotrópico durante el primer año de desarrollo. Las variedades Tailandia y Madagascar presentaron un comportamiento intermedio y la variedad mexicana fue la que presentó dominancia en la expresión

de este carácter. Es posible que la inversión de recursos destinados hacia la producción de ramas condicione un menor desarrollo del tallo principal. Esta es una característica de gran importancia si relacionamos el aumento en número de ramas con el aumento de sitios potenciales para la producción de estructuras reproductivas.

5.5 Distancia promedio entre nudos del tallo principal

La Figura 5, muestra la variabilidad entre variedades y la uniformidad entre familias de la misma variedad. De igual manera el análisis de varianza indica que la diferencia entre variedades es altamente significativa mientras la diferencia entre familias no lo es.

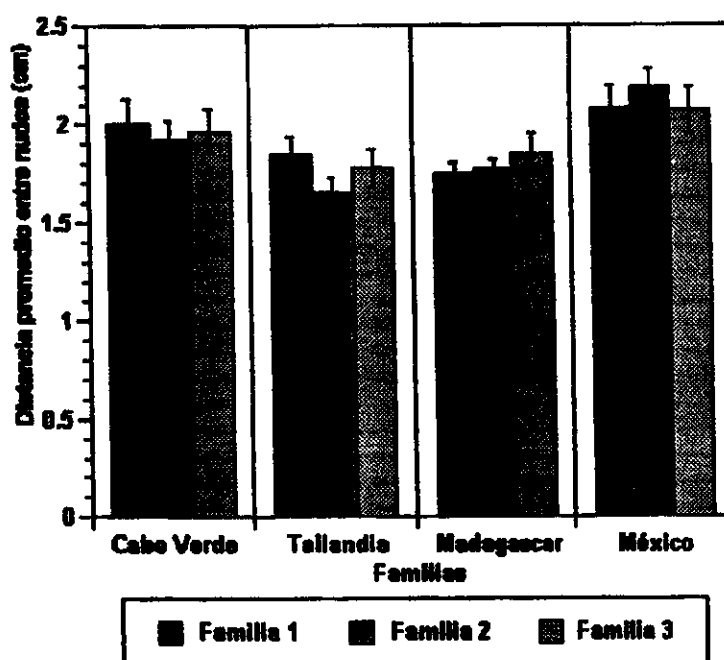


Figura 5. Distancia promedio entre nudos del tallo principal para las diferentes variedades extranjeras de *Jatropha curcas* L.

Tabla 5. Análisis de varianza para distancia promedio entre nudos en el tallo principal.

F.Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	P
Variedad	0.198	3	0.066	9.276	< 0.001
Fam.Dentro de variedad	0.017	8	0.002	0.302	0.964
Cabo Verde	0.000	2	0.000	0.025	0.976
Tailandia	0.011	2	0.005	0.769	0.465
Madagascar	0.002	2	0.001	0.137	0.872
México	0.004	2	0.002	0.279	0.757
Error	1.197	168	0.007		

(Datos transformados a logaritmo natural)

En la variedad Cabo Verde la distancia promedio entre nudos fue aproximadamente 2 cm; las variedades Tailandia y Madagascar presentaron distancias menores (entre 1.5 y 2 cm). La variedad México, cuya longitud del tallo principal fue menor, presentó la mayor distancia entre nudos del tallo principal (mas de 2 cm). También hay que mencionar que el tamaño de estas hojas es mas reducido que el de las variedades Tailandia y Madagascar y similar al de la variedad Cabo verde, lo cual significa que el área de ésta variedad es decididamente menor que el resto de variedades.

5.6 Diámetro basal.

De igual manera la variabilidad en el diámetro basal se concentra entre las variedades (ver figura 6). Puede generalizarse que las variedades Cabo Verde, Tailandia Y Madagascar presentaron un diámetro promedio aproximadamente de 6 cm, mientras la variedad

México presentó un diámetro menor que el resto de variedades estudiadas (aproximadamente 5 cm).

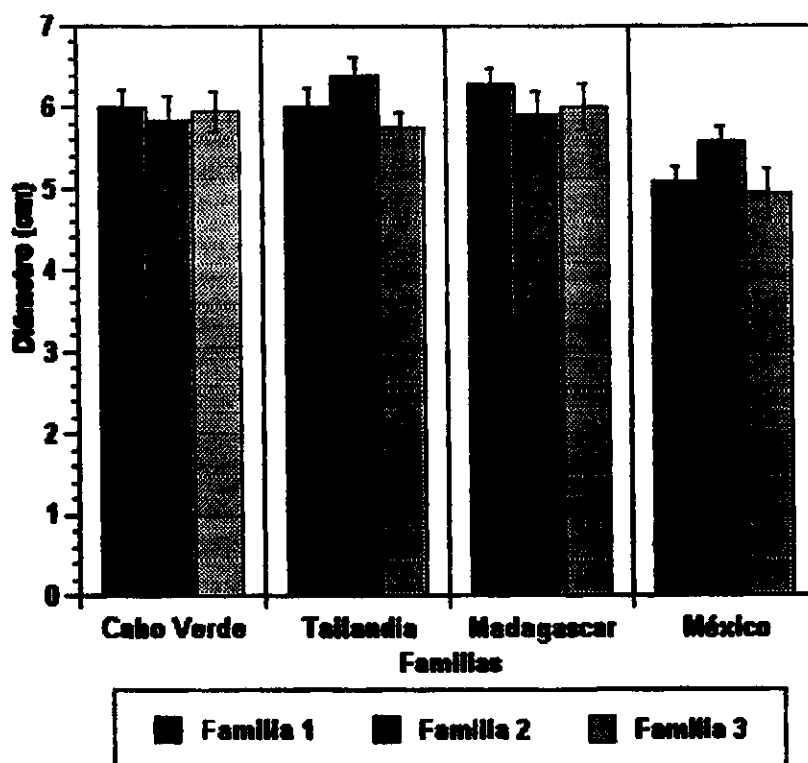


Figura 6. Diámetro basal para las diferentes familias extranjeras de *Jatropha curcas* L.

Este comportamiento sugiere que la capacidad de aprovechamiento de recursos destinables para el crecimiento es menor en la variedad mexicana y es posible que este relacionado con el desarrollo del sistema radicular de estas plantas.

Tabla 6. Análisis de varianza para el diámetro basal de las distintas variedades en estudio.

F.Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P
Variedad	22.782	3	7.594	8.638	< 0.0001
Fam.Dentro de variedad	7.828	8	0.978	1.113	0.357
Cabo Verde	0.251	2	0.125	0.143	0.866
Tailandia	3.094	2	1.547	1.759	0.175
Madagascar	1.093	2	0.546	0.622	0.538
México	3.388	2	1.694	1.927	0.148
Error	147.690	168	0.879		

5.7 Aspectos relacionados con la floración.

5.7.1 Precocidad.

La precocidad determinada como la fecha en que el 50 por ciento de las plantas dentro de cada familia manifiesta flores abiertas. En la Figura 7 se puede ver que las variedades Cabo Verde y Tailandia no presentaron mayores diferencias entre si, ni tampoco variación intravarietal (entre familias). En la variedad Madagascar sí se observa diferencia entre familias; la familia # 33 tardó más tiempo en alcanzar el 50 por ciento de plantas florecidas que el resto de familias correspondientes a esta variedad. Para el caso de la variedad México, ésta fue la más precoz y también presentó cierta variación entre familias.

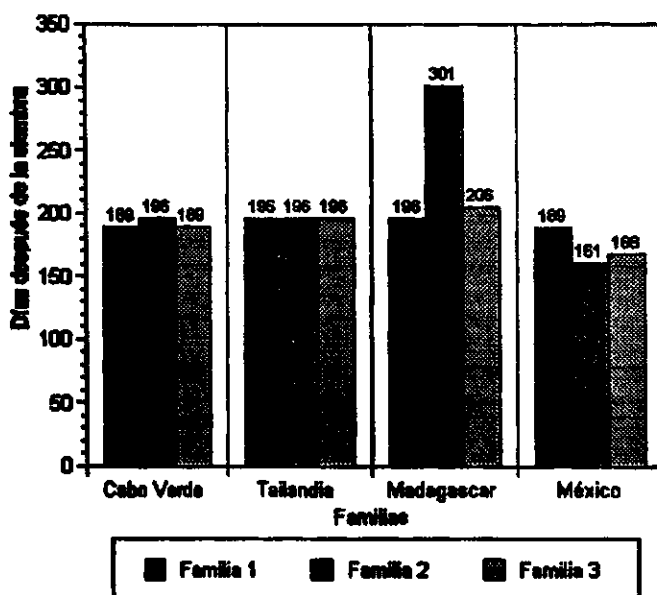


Figura 7. Días después de la siembra en que cada familia alcanzó el 50% de plantas florecidas.

De forma general, las variedades Cabo Verde y Tailandia alcanzaron el 50 por ciento de floración 6 meses y medio después de la siembra y las familias más precoces de la variedad México (# 36 y 37) alcanzaron dicho estadio fenológico con un mes de anterioridad. El análisis de varianza correspondiente muestra que no existen diferencias significativas entre variedades (Tabla 7).

Tabla 7. Análisis de varianza para la precocidad de las distintas variedades en estudio.

F.Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	P
Variedad	6026.917	3	2008.972	2.240	0.161
Error	7174.000	8	896.750		

5.7.2 Porcentaje de plantas florecidas por familia

Se observó un patrón de comportamiento distinto para las diferentes variedades, en cuanto al porcentaje de plantas que floreció durante el primer año se refiere (Figura 8). Cabo Verde registró un porcentaje de floración del 87 por ciento, con una ligera variabilidad entre familias. Para las variedades Tailandia y Madagascar, los porcentajes de floración fueron similares y ambas presentaron variabilidad entre familias. Sin embargo, el análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre variedades.

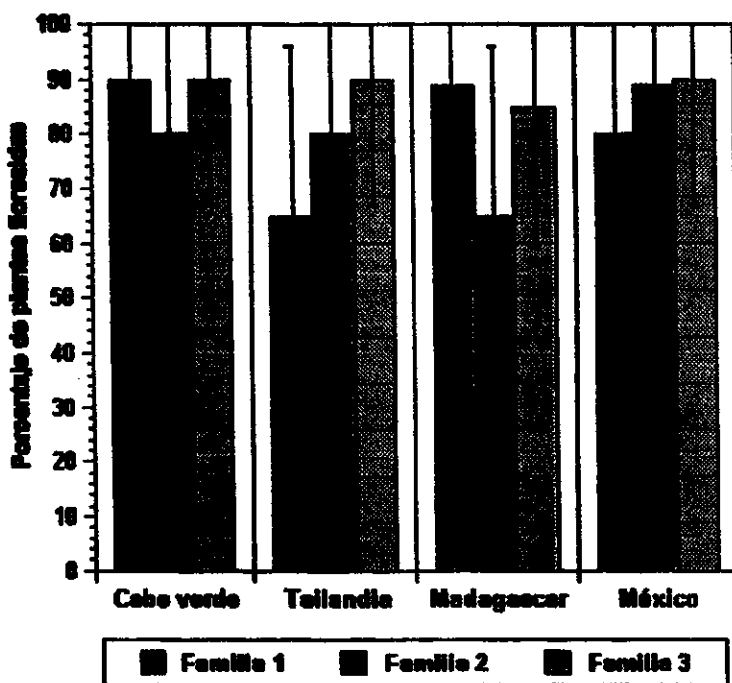


Figura 8. Porcentaje de plantas florecidas para cada familia dentro de su variedad correspondiente (con su respectivo intervalo de confianza).

Finalmente, dentro de la variedad México la floración se presentó de manera más uniforme, obteniéndose porcentajes muy parecidos a los de la Cabo Verde.

Otro aspecto relacionado con la floración, y que viene a incrementar la variabilidad entre variedades, es la presencia de flores hermafroditas en las tres familias de la variedad México. Referente a esto, Peixoto (1973), reporta la presencia de éstas en México, pero éste es el primer reporte de la ocurrencia de éstas en plantas sembradas en Nicaragua. También se ha reportado el fenómeno de la esterilidad masculina (plantas femeninas) dentro de las variedades Cabo Verde y Madagascar.

5.8 Rendimiento de semilla seca.

Los rendimientos de las variedades extranjeras, exceptuando la variedad México, fueron bajos (Figura 9), sin embargo, es posible que este comportamiento sólo refleje las diferencias de expresión fenológica de las variedades, y no su verdadero potencial de producción. Aunque el Tempate no es una especie forestal, por su condición de planta perenne pueden retomarse algunos de los principios aplicados al mejoramiento genético de especies forestales. Referente a ello, Mesén (1995), afirma que, además de la variación genética y ambiental, los genotipos evaluados también experimentan otra fuente de variación denominada variación en desarrollo, la cual está relacionada con la expresión de

determinados patrones de comportamiento en determinado período de su desarrollo. Una hipótesis probable es que variedades que produjeron menor cantidad de semillas que la variedad mexicana, pero cuyo desarrollo vegetativo fue muy vigoroso, como Tailandia o Cabo Verde, por ejemplo, podrían, una vez que estabilicen su crecimiento, revertir toda esa energía hacia la producción de frutos y semillas.

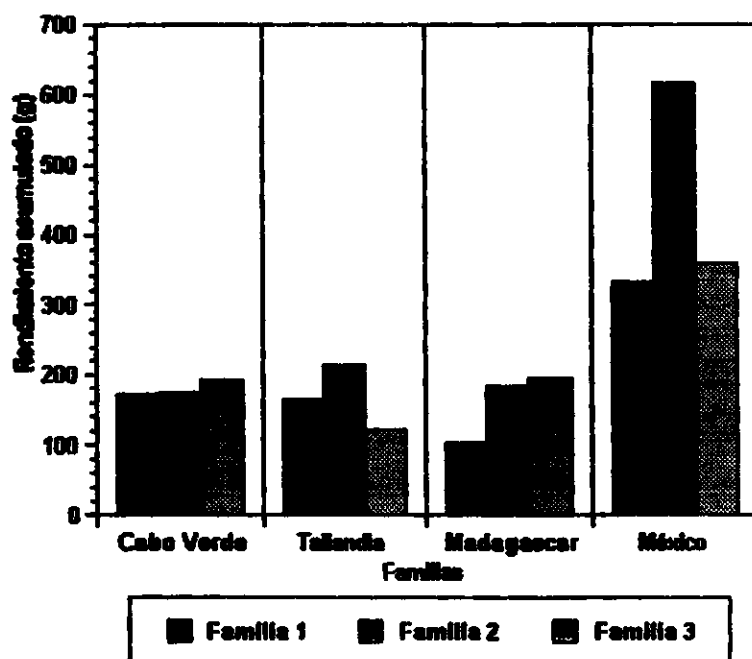


Figura 9. Rendimiento acumulado para cada una de las familias de variedades extranjeras.

El rendimiento de la variedad mexicana estuvo muy por encima del resto de variedades. Es importante resumir la expresión de esta variedad durante el primer año, para cada una de las variables propuestas: (i) La longitud del tallo principal fue menor que la del resto de variedades, (ii) Su número promedio de ramas fue mayor, (iii) La distancia promedio entre nudos fue mayor que el resto de variedades, iv) Presentó un menor diámetro basal que el

resto de variedades. Tal comportamiento sugiere que existe, dentro de esta variedad, un mecanismo determinado por factores genéticos que promueve, durante el primer año, un mayor nivel de ramificación con lo cual se incrementa el número potencial de inflorescencias a producirse. También es posible que este tipo de arquitectura condicione un menor desarrollo vegetativo de estas plantas en cuanto a su altura, diámetro basal y número de hojas con lo cual se consigue un ahorro de recursos destinables para la producción de frutos.

5.9 Morfología de frutos y semillas.

Como resultado de las mediciones en frutos y semillas se logró conocer las diferencias existentes entre los diferentes parámetros estudiados.

5.9.1 Peso húmedo del fruto.

Existe diferencia significativa entre el peso húmedo de frutos de las diferentes variedades (Tabla 9).

Tabla 9. Análisis de varianza del peso húmedo de frutos de cada variedad.

F.Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P
Variedad	6.96863	3	2.32288	6.25323	0.017
Error	2.97175	8	0.37147		

En el anexo 19, podemos observar que la variedad Madagascar fue la que presentó mayor peso húmedo de frutos. Las variedades Cabo Verde y Tailandia, cuyos valores promedios fueron muy similares, ocupan la segunda y tercera posición y finalmente la variedad mexicana registró los menores valores promedios para el peso húmedo de frutos.

5.9.2 Longitud promedio de frutos

También existe diferencia significativa entre variedades para la longitud de frutos (Tabla 10).

Tabla 10. Análisis de varianza de longitud de frutos de cada variedad.

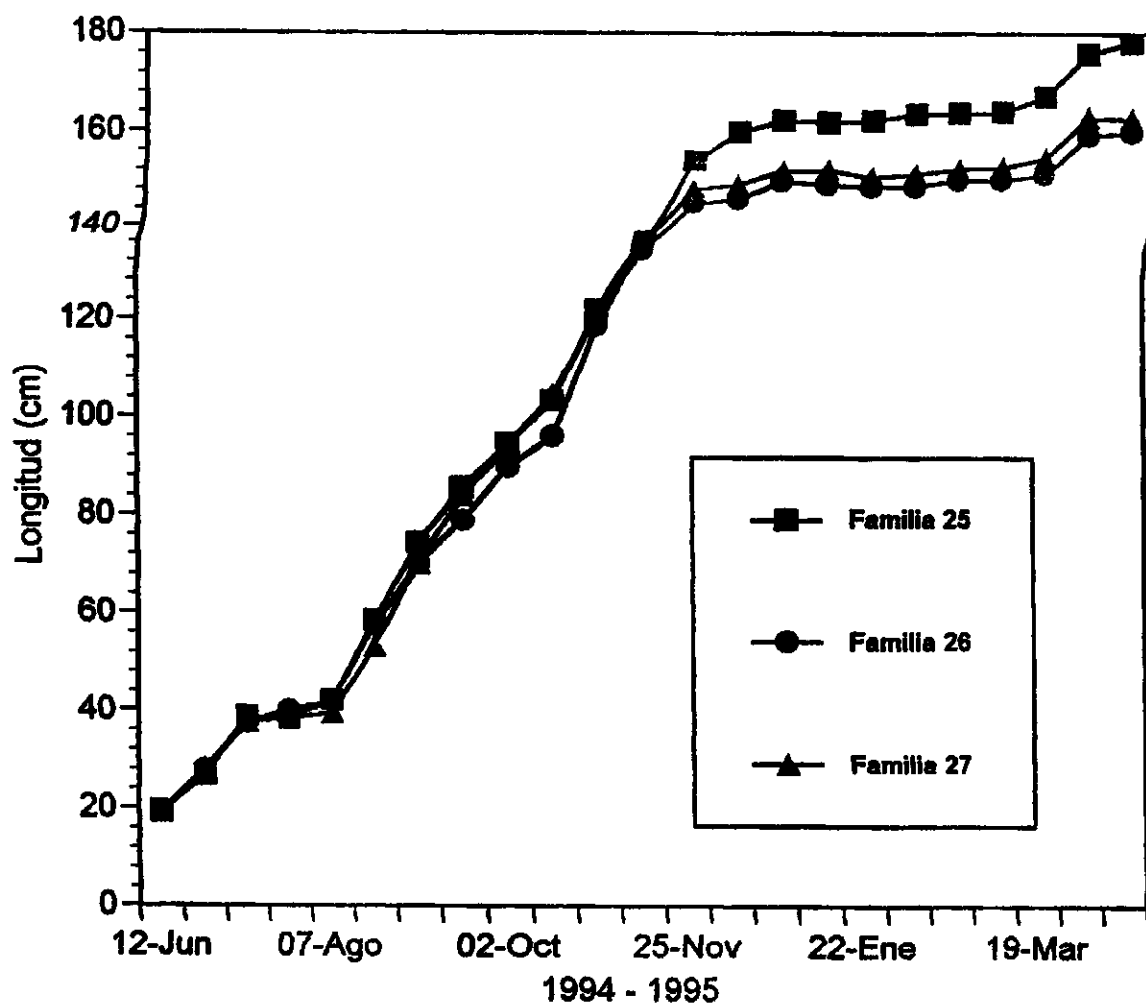
F.Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P
Variedad	31.02052	3	10.34017	7.18734	0.011
Error	11.50931	8	1.43866		

En el Anexo 20, se observa la predominancia de la variedad mexicana, cuyos frutos a simple vista son mas alargados y

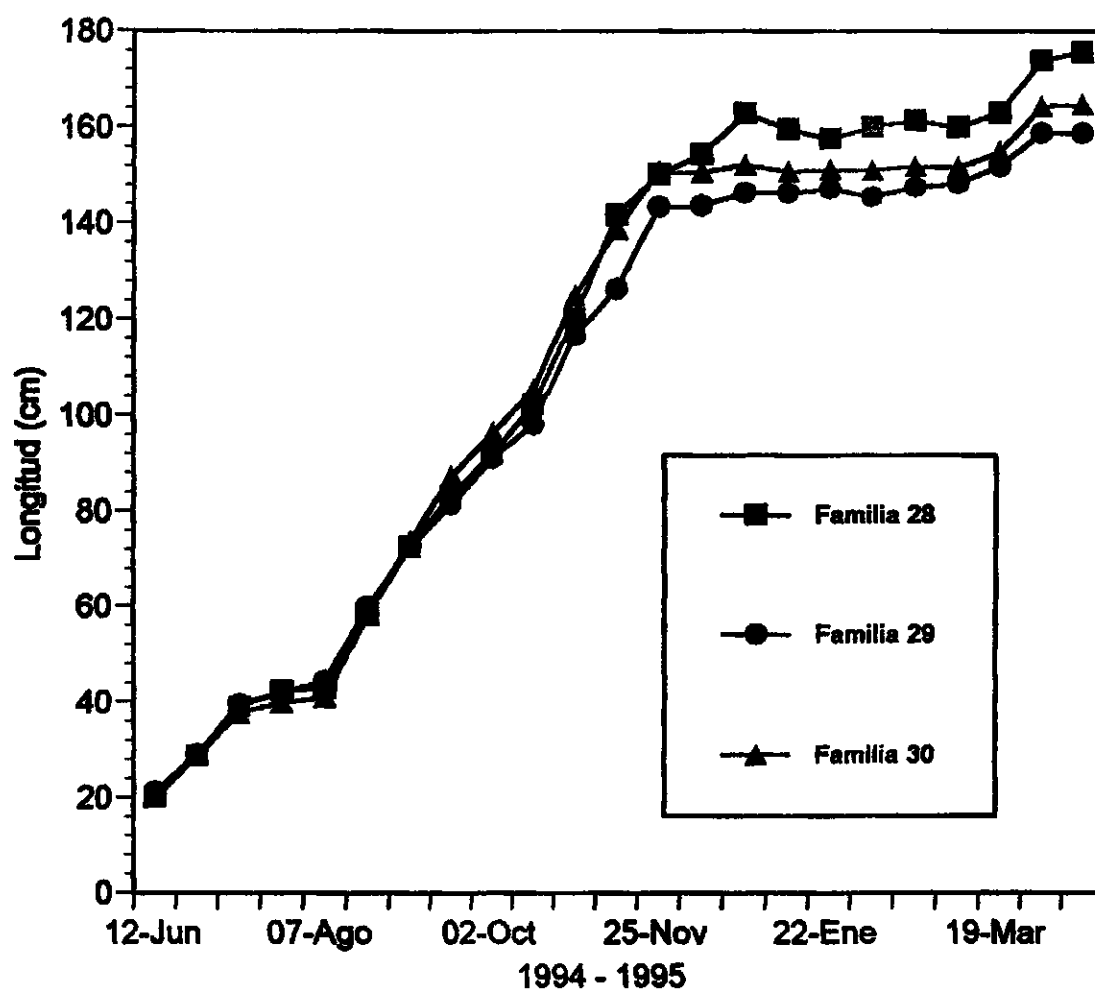
sus semillas durante el primer año no llenaron completamente la cavidad. El resto de variedades no presentaron mayores diferencias; sin embargo, los frutos de la variedad Cabo Verde tienden a ser más esféricos y regulares (las medidas de su diámetro y su longitud son mas similares que en resto de variedades).

5.9.3 Diámetro promedio de frutos.

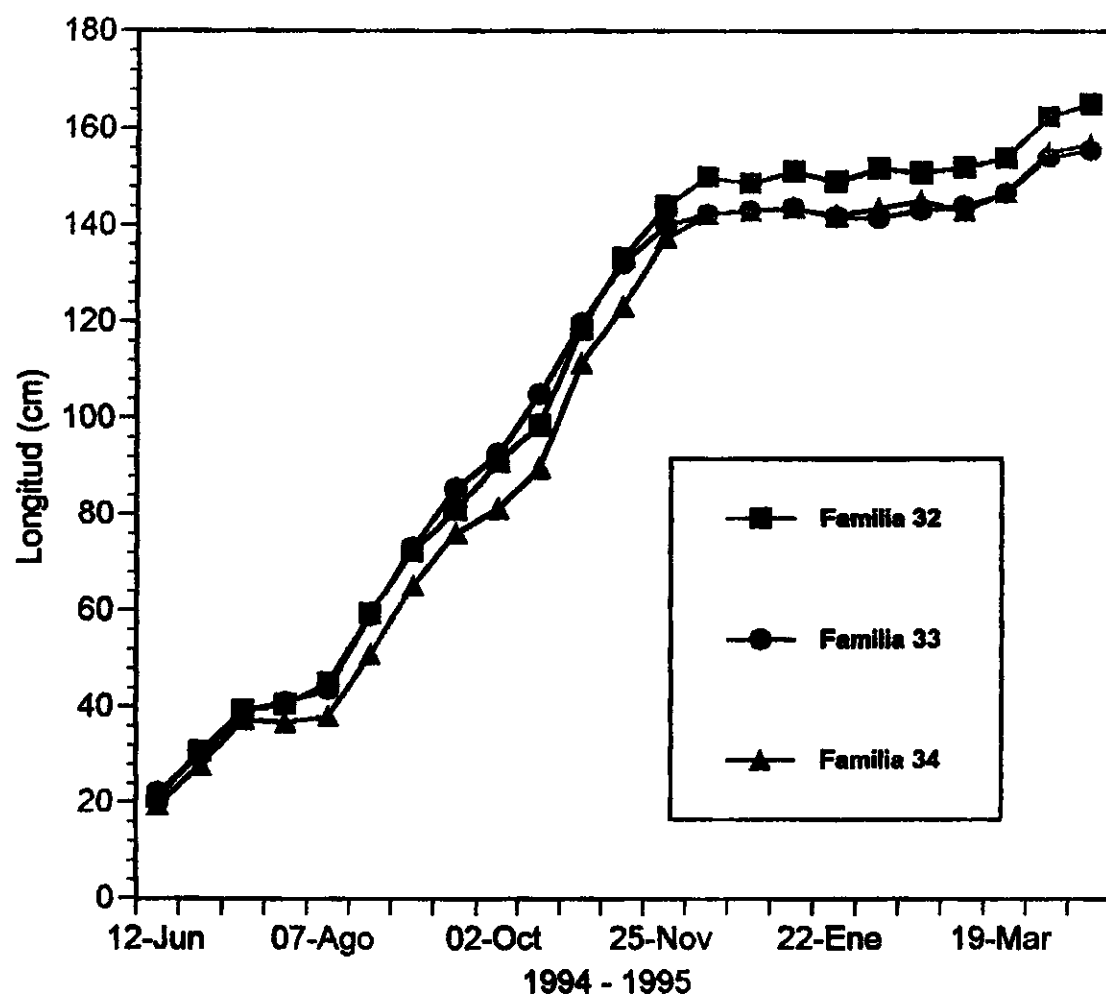
En el Anexo 21, vemos que el diámetro entre variedades es bastante constante y que posiblemente la significancia del análisis de varianza (Tabla 11) sea atribuible a la variedad mexicana, cuyo diámetro promedio es decididamente menor que el resto de variedades. Sin embargo, las diferencias observadas no necesariamente se deben a diferencias genéticas entre los genotipos ya que la fenología de éstos puede afectar el tamaño final de los frutos, como se observó anteriormente en la gráfica 7, el momento de floración para cada variedad es variable y por lo tanto también son variables las condiciones ambientales de cada momento, en conclusión el diámetro es una característica plástica cuya variación está determinada principalmente por el contenido de humedad del suelo, que a su vez determina el grado de disponibilidad de nutrientes para la planta, Así frutos que se desarrollan cuando el suelo está perdiendo humedad suelen ser más pequeños que aquellos que crecen bajo condiciones óptimas de humedad.



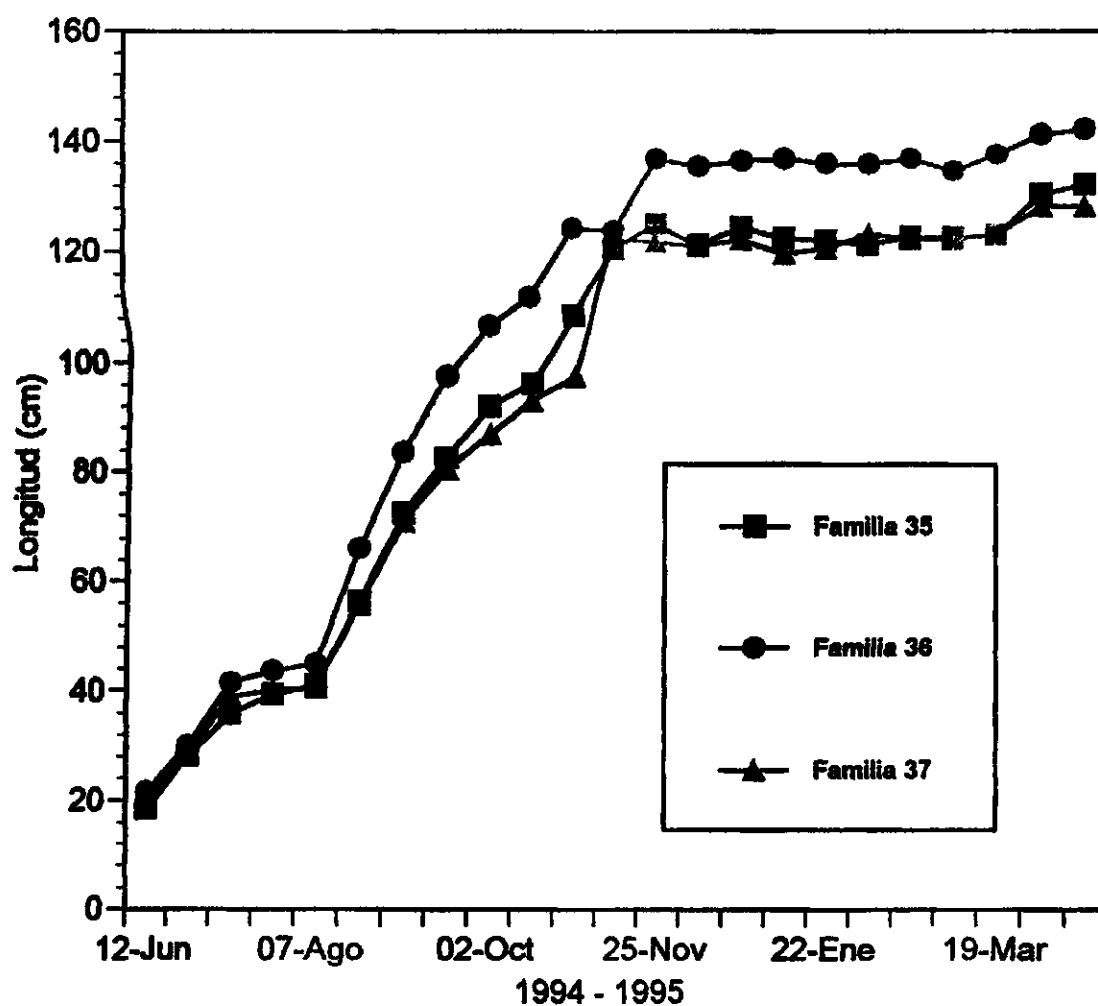
Anexo 13. Curvas de crecimiento para cada familia de la variedad Cabo Verde.



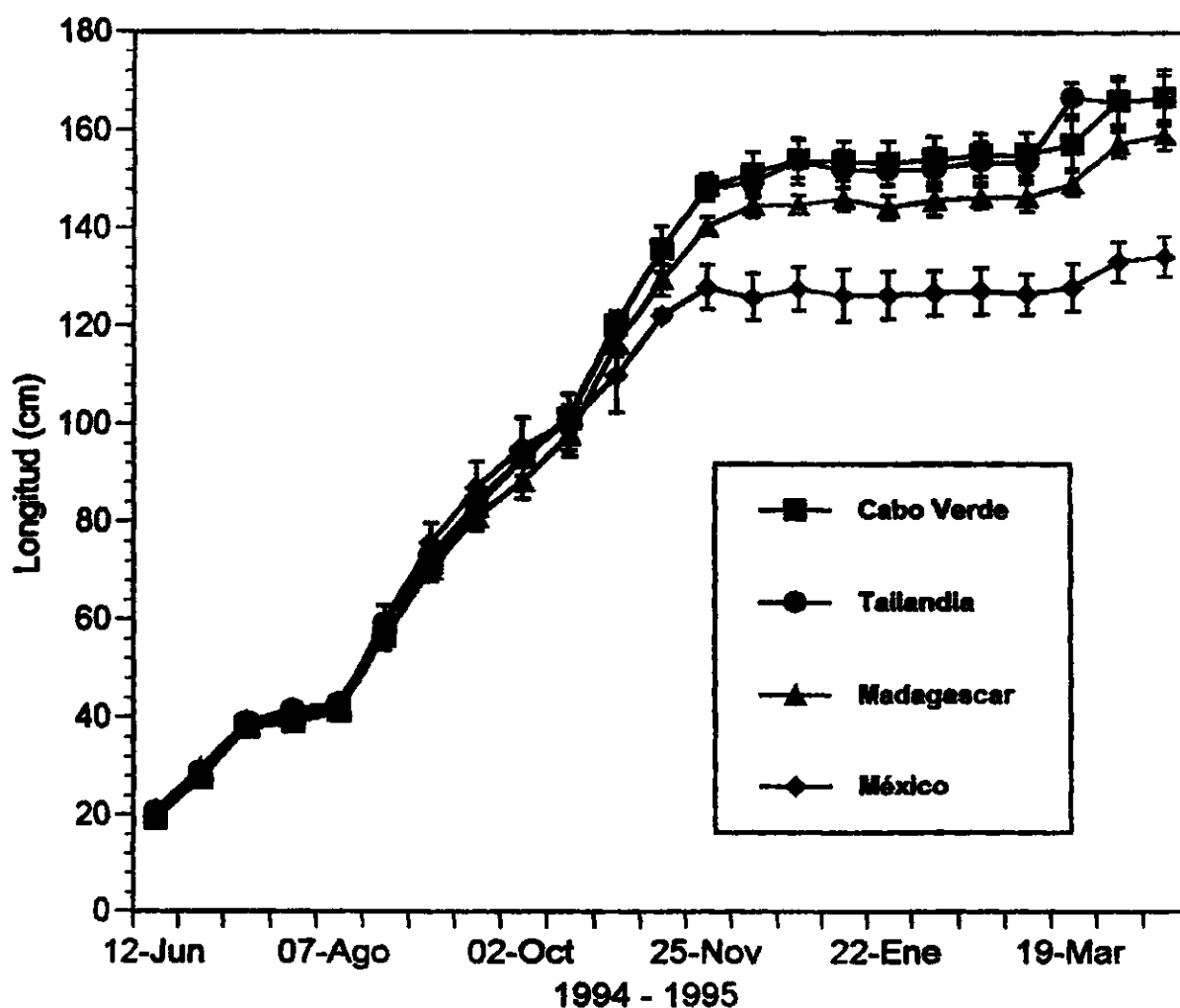
Anexo 14. Curvas de crecimiento para cada una de las familias de la variedad Tailandia.



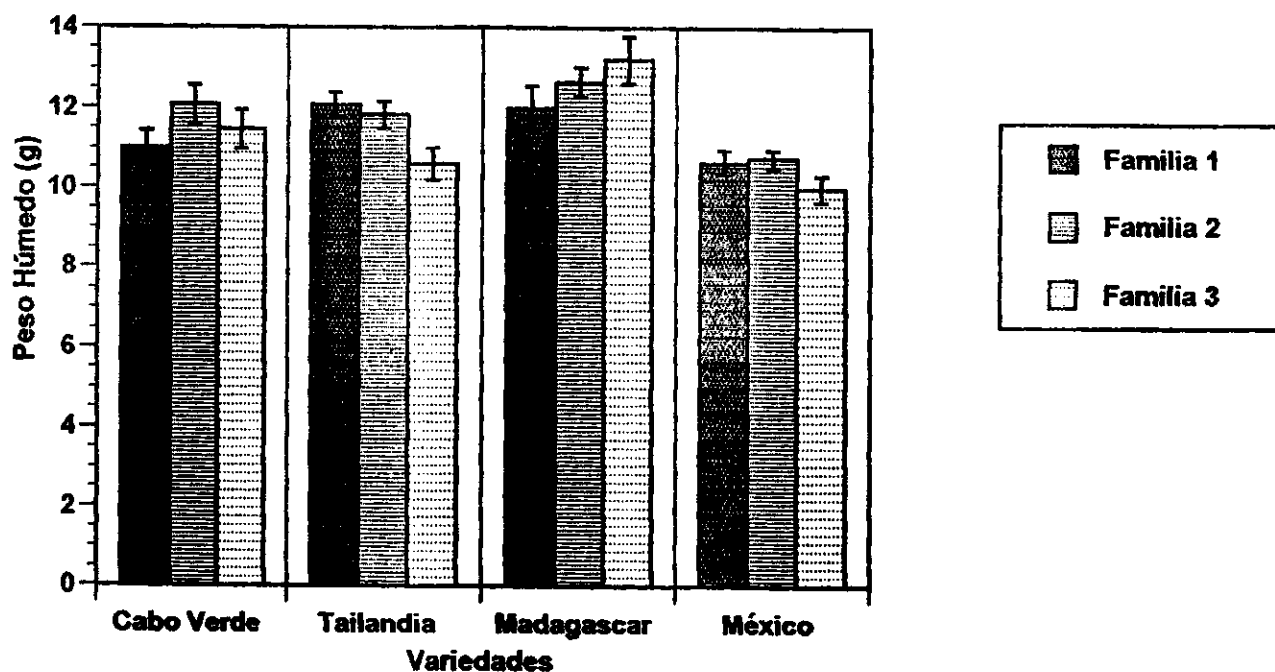
Anexo 15. Curvas de crecimiento para cada una de las familias de la variedad Madagascar.



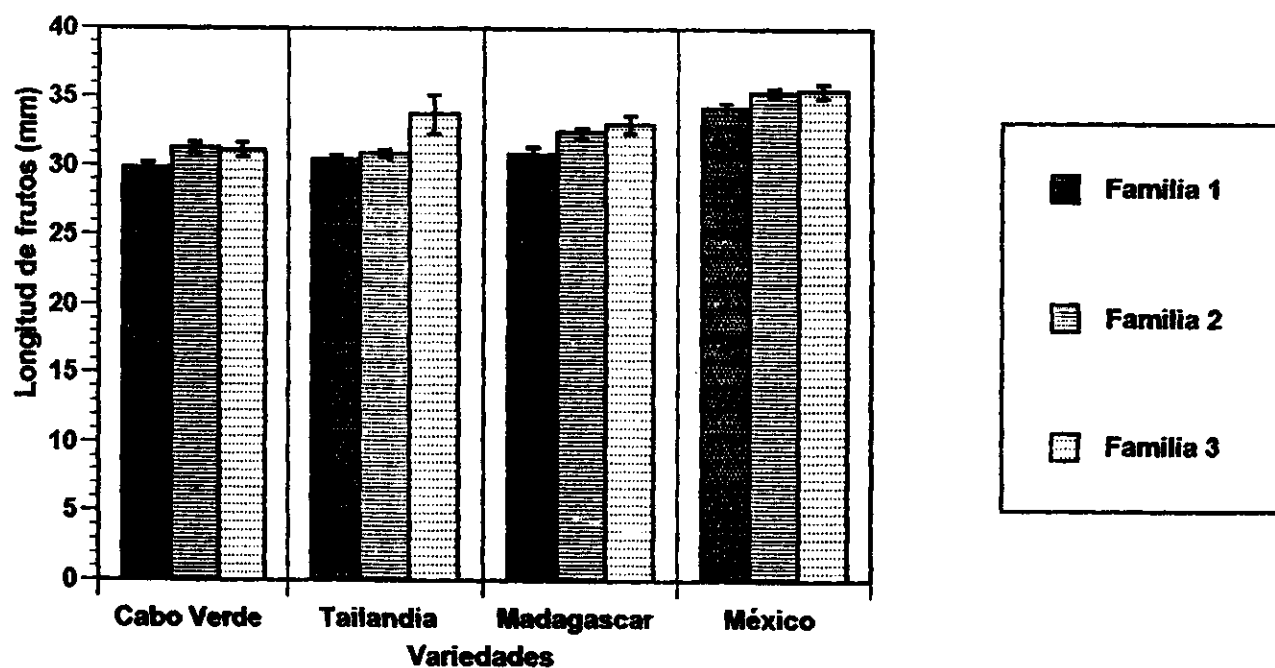
Anexo 16. Curvas de crecimiento para cada una de las familias de la variedad México.



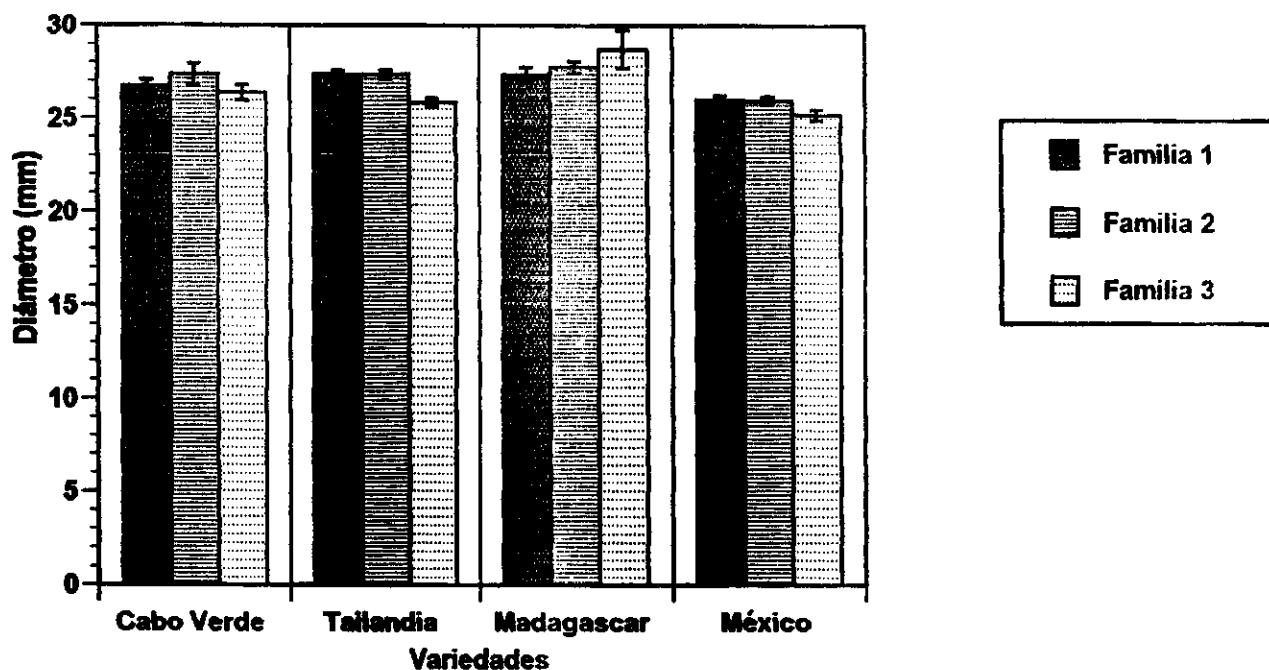
Anexo 17. Curvas de crecimiento para cada una de las variedades extranjeras de *Jatropha curcuss. L.*



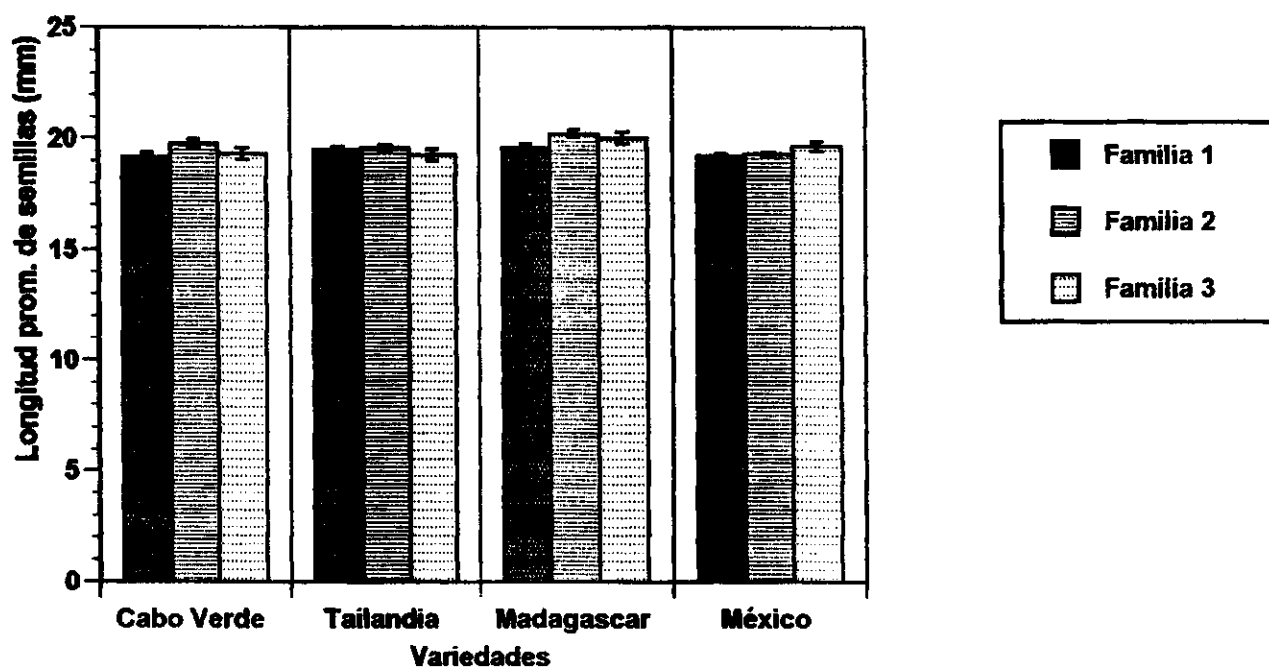
Anexo 19. Peso húmedo promedio para frutos de cada una de la familias dentro de su variedad correspondiente.



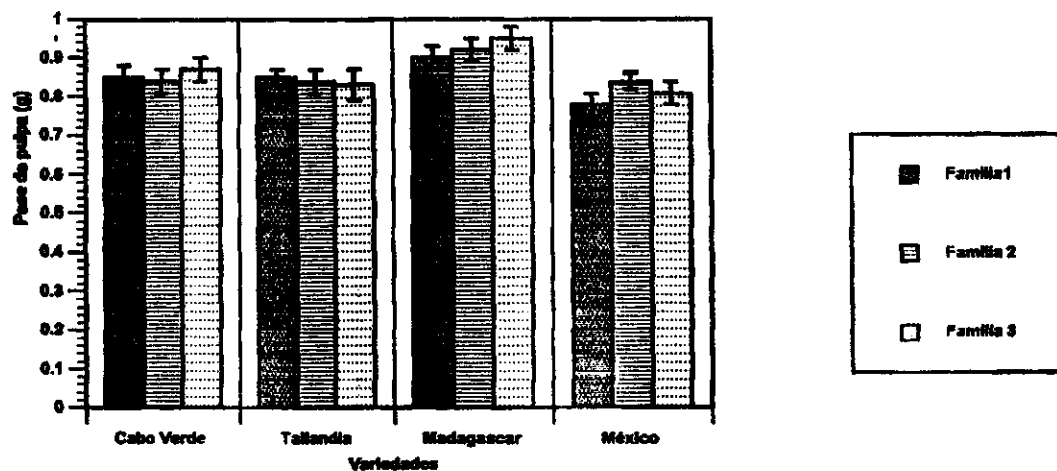
Anexo 20. Longitud promedio para frutos de cada una de la familias dentro de su variedad correspondiente.



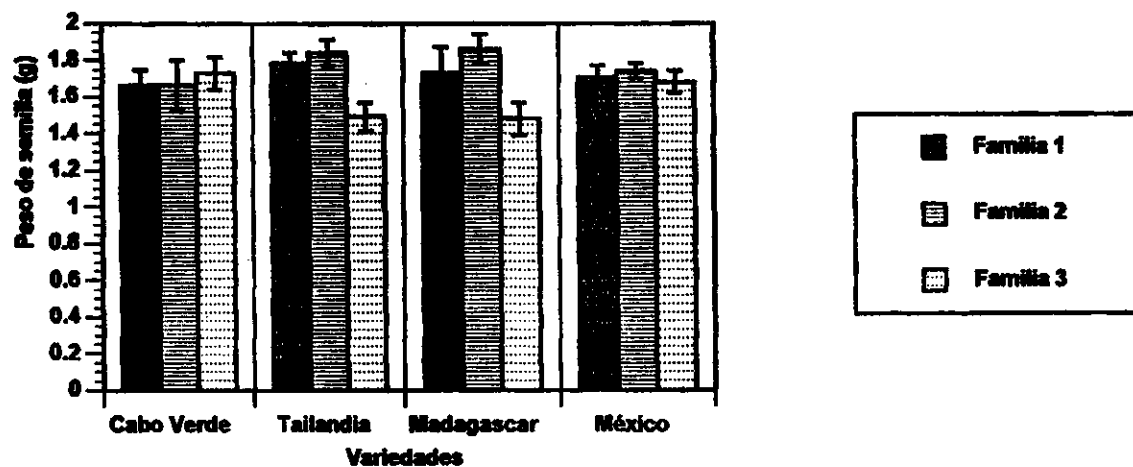
Anexo 21. Diámetro promedio para frutos de cada una de las familias dentro de su variedad correspondiente.



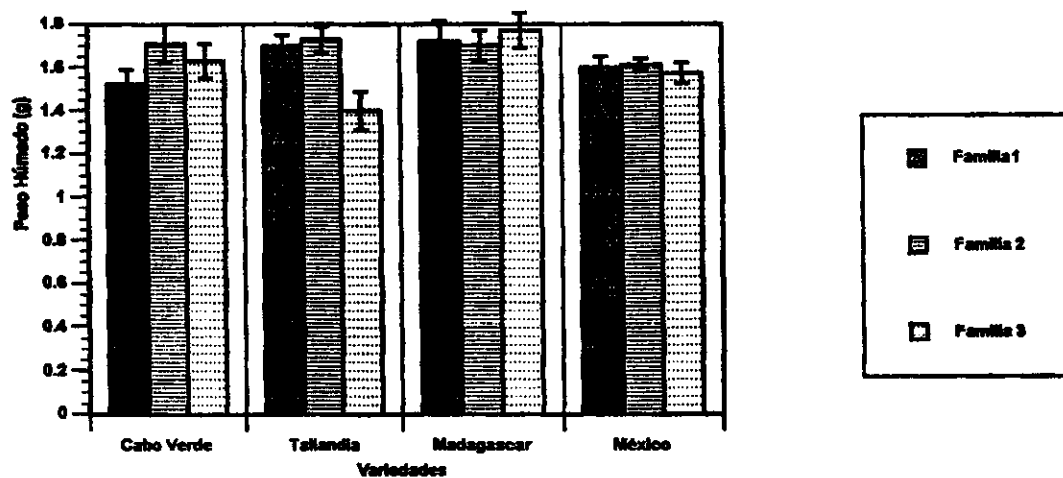
Anexo 22. Longitud promedio para semillas de cada una de las familias dentro de su variedad correspondiente.



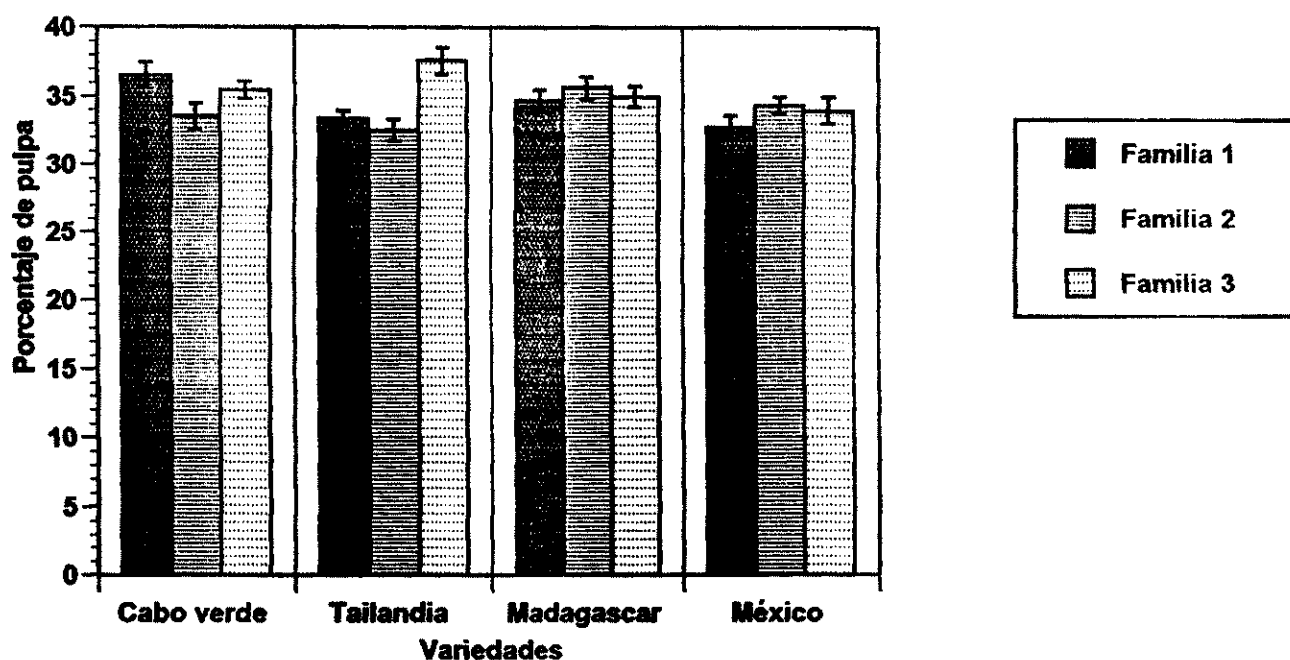
Anexo 23. Peso promedio de pulpa secada al horno para frutos de cada una de la familias dentro de su variedad correspondiente.



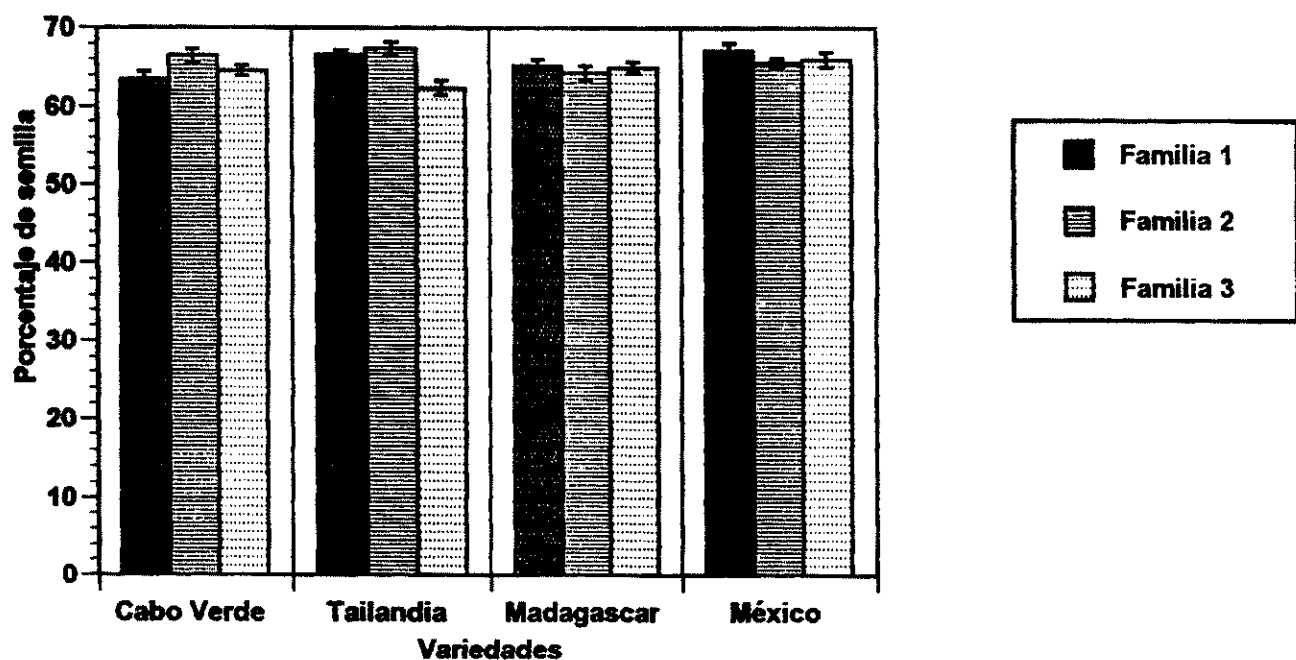
Anexo 24. Peso promedio por fruto de semilla secada al aire para frutos de cada una de la familias dentro de su variedad correspondiente.



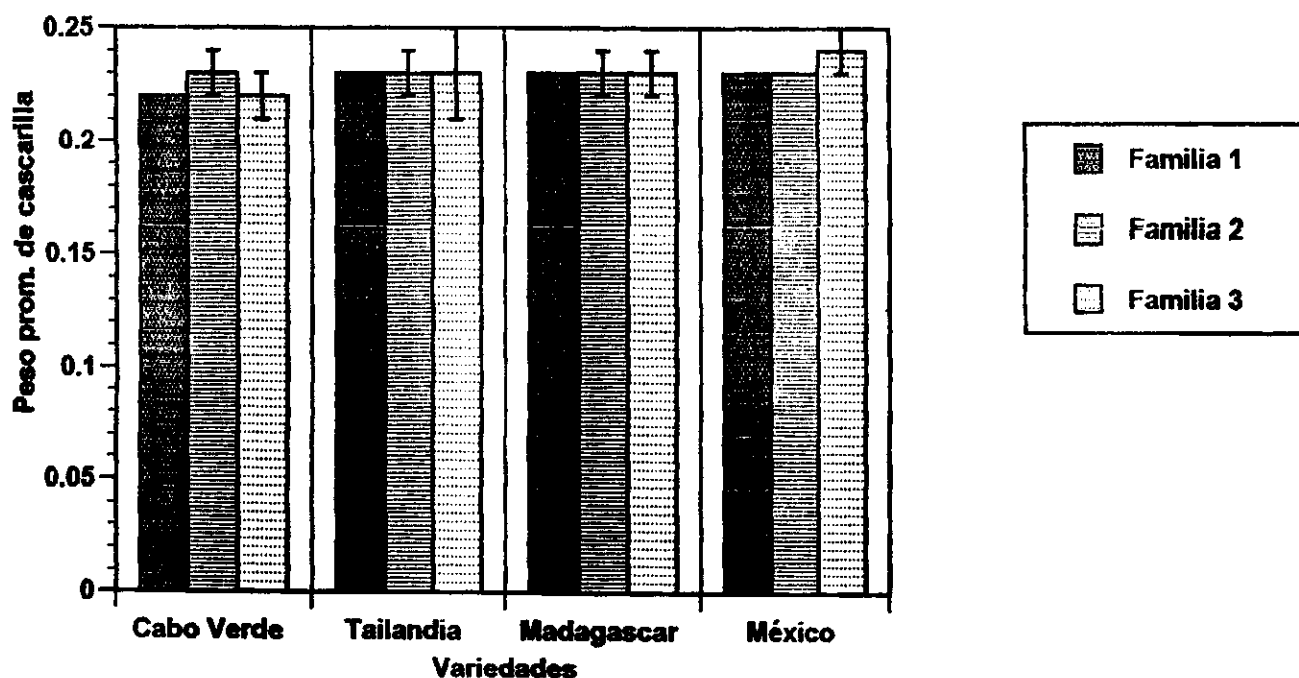
Anexo 25. Peso promedio por fruto de semilla secada al horno para frutos de cada una de la familias dentro de su variedad correspondiente.



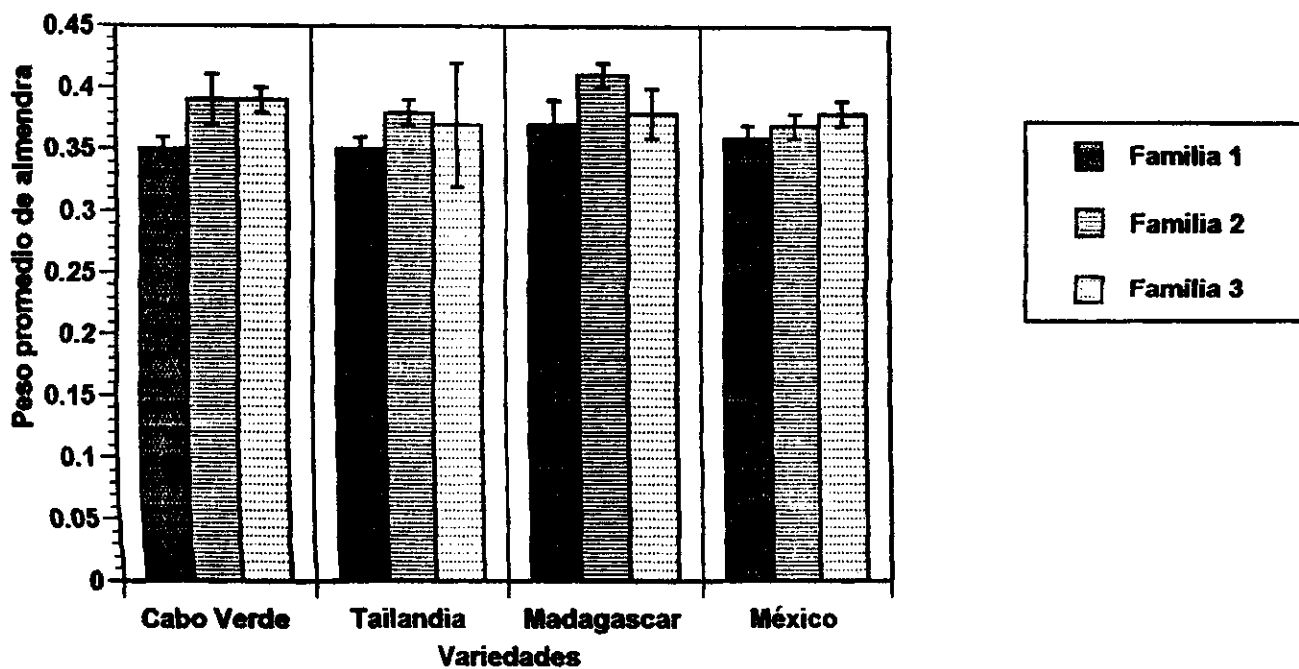
Anexo 26. Porcentaje promedio de pulpa para frutos de cada una de la familias dentro de su variedad correspondiente.



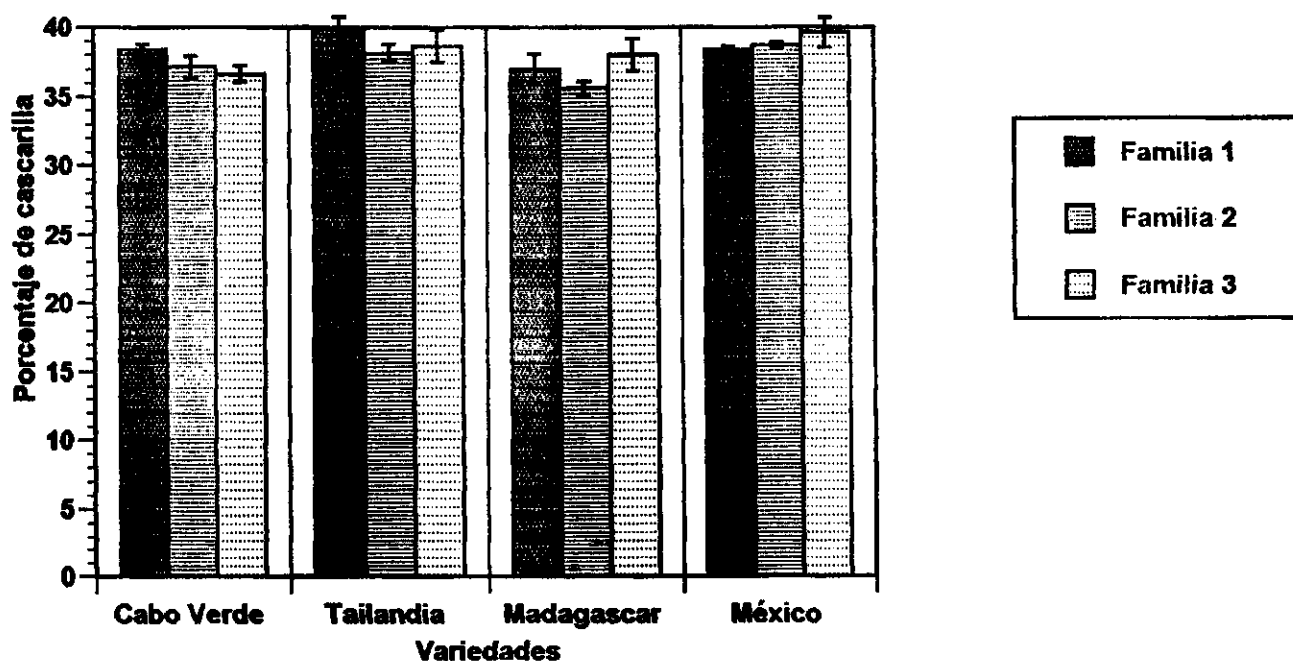
Anexo 27. Porcentaje promedio de semilla para frutos de cada una de la familias dentro de su variedad correspondiente.



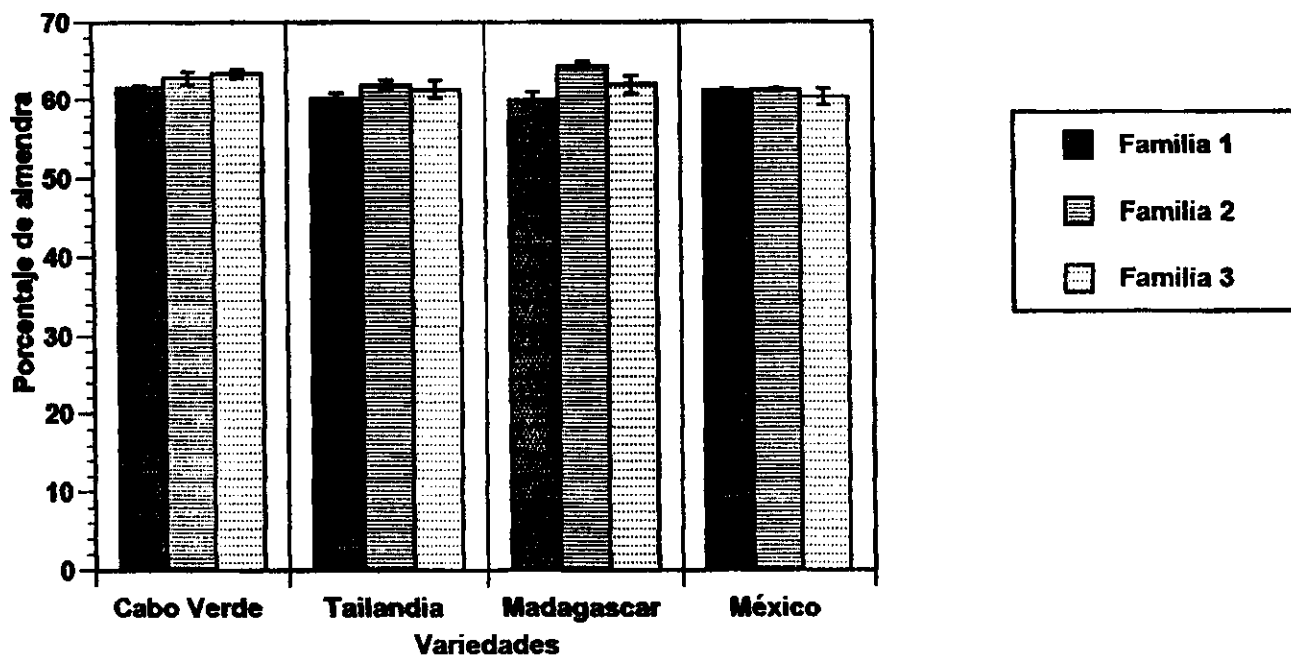
Anexo 28. Peso promedio de cascarilla para semillas de cada una de la familias dentro de su variedad correspondiente.



Anexo 29. Peso promedio de almendra para semillas de cada una de la familias dentro de su variedad correspondiente.



Anexo 30. Porcentaje promedio de cascarilla para semillas de cada una de la familias dentro de su variedad correspondiente.



Anexo 31. Porcentaje promedio de almendra para semillas de cada una de la familias dentro de su variedad correspondiente.