



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GENÉTICA**

VARIABILIDAD GENÉTICA Y ADAPTACIÓN DE VARIEDADES DE HIGUERILLA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES

JOSÉ LUIS SOLÍS BONILLA

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2015

La presente tesis titulada: “**Variabilidad genética y adaptación de variedades de Higuierilla para la producción de Biocombustibles**”, realizada por el alumno: **José Luis Solís Bonilla**, bajo la dirección del Consejo Particula Indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GENÉTICA

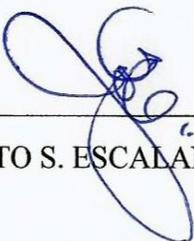
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



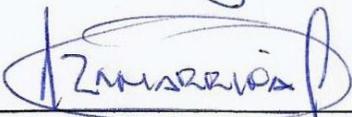
DR. ABEL MUÑOZ OROZCO

ASESOR



DR. JOSÉ ALBERTO S. ESCALANTE ESTRADA

ASESOR



DR. ALFREDO ZAMARRIPA COLMENERO

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Marzo de 2015

VARIABILIDAD GENÉTICA Y ADAPTACIÓN DE VARIEDADES DE HIGUERILLA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES

JOSÉ LUIS SOLÍS BONILLA, M.C.

COLEGIO DE POSTGRADUADOS, 2015

RESUMEN GENERAL

Se evaluaron características morfológicas, variables de racimos, frutos y semillas en 10 variedades mejoradas del INIFAP y dos no mejoradas de Montecillo, Estado de México y Zapotiltic, Estado de Jalisco, valorándolas mediante un índice de selección que se instituyó en cada ambiente y por componentes principales y conglomerados. Las evaluaciones se realizaron en cinco ambientes: A1 Montecillo, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013; A2 Montecillo siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014; A3 Montecillo, siembra de julio ciclo 1 julio-diciembre de 2103; A4 Montecillo, siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014 y A5 Tuxtla Chico, siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014. Todas las variedades estudiadas se desarrollaron vegetativamente bien en condiciones de suelo y clima de Montecillo y Tuxtla Chico; sin embargo, no todas presentan rasgos deseables para una buena producción de grano. Las variedades mejoradas V2 (*Riric 265-1*), V6 (*Riric19*) y V10 (*Riric1*) fueron las de mejor adaptación en el A1, para el ambiente A2 las variedades V2 (*Riric 265-1*), V3 (*Riric67-6*), V4 (*Riric267-2*), y V10 (*Riric1*) resultaron de mejor adaptación, en el A4 las variedades mejoradas V4 (*Riric267-2*), V5 (*Riric10*) y V10 (*Riric1*) fueron las de mejor adaptación y las variedades V4 (*Riric267-2*), V11 (*CP13*) y V12 (*Zajl2*) resultaron con bajo daños por heladas. Según los índices de selección (IS) la variedad que mostró adaptación a los tres ambientes de Montecillo fue la V10 (*Riric1*) oriunda de Cacahoatán, Chiapas. Las variedades V3 (*Riric67-6*) en primer término, y en segundo término la V5 (*Riric10*), V6 (*Riric19*), V7 (*Riric29*), V8 (*Riric274*) y V10 (*Riric1*) fueron las de mejor adaptación a las condiciones de siembra de julio en Tuxtla Chico (A5), estas variedades son originarias de Chiapas y tuvieron los mayores índices. Lo anterior refleja cierto grado de especificidad ecológica.

Las características en las que más destacaron las variedades sobresalientes en los cuatro ambientes fue en número de racimos por planta (NRP), diámetro polar de fruto (DP), diámetro ecuatorial (DE), peso de fruto (PF) y peso de 100 semillas (PCS), en segundo término ancho de semilla (AS) y rendimiento de grano (REN) y en días a floración (DF) y volumen de semilla (VL) en tanto que las no mejoradas sobresalieron en longitud de racimo (LR) y frutos por racimo (FR) características que pueden ser donadas a las mejoradas. En los componentes principales, se detectaron como sobresalientes las variedades referenciadas en los índices de selección. De las 10 seleccionadas según los índices 8 lo fueron también por componentes principales. Por los Conglomerado se comprobó que las variedades no mejoradas pertenecen a una población diferente y que las variedades mejoradas 1 a 10 guardan cierto vínculo, lo que da idea del grado de emparentamiento. Se estimó la interacción genotipo x ambiente mediante los índices de selección, con el método de Muñoz (1975) basado en el comportamiento natural de los genotipos a través de los ambientes y con el modelo de efectos principales aditivos e interacciones multiplicativas (AMMI). De acuerdo a los índices de selección solo hubo una variedad que mostro estabilidad en los ambientes de Montecillo (Apéndice 5). Las variedades con menor interacción G X A, de acuerdo al modelo AMMI, fueron V5 (*Riric10*), V6 (*Riric19*), V7 (*Riric29*) y V8 (*Riric274*). Hubo variedades seleccionadas en Chiapas que sobresalieron en Montecillo y en Chiapas, la mejor fue seleccionada ahí, lo que evidencia la existencia de adaptación tanto amplia como específica. Los resultados obtenidos indican que existen materiales promisorios que pueden ser futuros cultivares para la producción de aceite y biocombustible, lo que contribuirá al desarrollo de la ricinicultura en México.

Palabras claves: *Ricinus communis*, características morfológicas, características de frutos y semillas, adaptación vertical, adaptación horizontal, IGA.

**GENETIC VARIABILITY AND ADAPTATION OF CASTOR VARIETIES
FOR THE BIOFUELS PRODUCTION**

JOSÉ LUIS SOLÍS BONILLA, M.C.
COLEGIO DE POSTGRADUADOS, 2015

GENERAL SUMMARY

Morphological characteristics, variables of racemes, fruits and seeds in 10 improved varieties of INIFAP and two unimproved Montecillo, State of Mexico and Zapotiltic, Jalisco were evaluated, evaluating them through a selection index that was instituted in each environment and component main and conglomerates. Evaluations were conducted in five environments: A1 Montecillo, April planting Cycle 1 April to December 2013; A2 April planting Montecillo Cycle 2 January to December 2014; A3 Montecillo, July planting Cycle 1 July to December 2103; A4 Montecillo, sowing July Cycle 2 from January to December 2014 and A5 Tuxtla Chico, planting cycle July 2013 July to September 2014. All cultivars were developed vegetatively well in conditions of soil and climate of Montecillo and Tuxtla Chico; however, all have desirable traits for a good grain production. Improved varieties V2 (*Riric265-1*), V6 (*Riric19*) and V10 (*Riric1*) were the best fit in the A1, for the environment A2 varieties V2 (*Riric265-1*), V3 (*Riric67-6*), V4 (*Riric267-2*) and V10 (*Riric1*) resulted in better adaptation, in A4 improved V4 (*Riric267-2*), V5 (*Riric10*) and V10 (*Riric1*) varieties were the best adapted varieties and V4 (*Riric267-2*), V11 (*CP13*) and V12 (*Zajl2*) were low damage frost. According to the selection indices (IS) the variety that showed adaptation to the three environments Montecillo was the V10 (*Riric1*) Cacaohatán originally from Chiapas. The varieties V3 (*Riric67-6*) first, and secondly the V5 (*Riric10*), V6 (*Riric19*), V7 (*Riric29*), V8 (*Riric274*) and V10 (*Riric1*) were the best adapted to growing conditions in Tuxtla Chico July (A5), these varieties are native to Chiapas and had the highest rates. This reflects a degree of ecological specificity.

The characteristics in which more highlighted the outstanding varieties in the four environments was the number of clusters per plant (NRP), polar fruit diameter (DP), equatorial diameter (DE), fruit weight (PF) and 100 seed weight (PCS), second term seed width (AS) and grain yield (REN) and days to flowering (DF) and seed volume (VL) whereas no improved cluster excelled in length (LR) and fruits per cluster (FR) characteristics that can be donated to improved. In major components, varieties referenced in selection indices were detected as outstanding. Of the 10 selected according to indexes were also eight cases the principal component. By Conglomerate was found that unimproved varieties belong to a different population and improved varieties 1-10 saved some link, which gives an idea of the degree of relatedness. Genotype x environment interaction was estimated using selection indices, with the method of Muñoz (1975) based on the natural behavior of genotypes across environments and model additive main effects and multiplicative interaction (AMMI). According to the selection indices there was only one variety that showed stability in environments Montecillo (Appendix 5). Varieties with less interaction GXA, according to the AMMI model were V5 (*Riric10*), V6 (*Riric19*), V7 (*Riric29*) and V8 (*Riric274*). There were varieties selected in Chiapas who excelled in Montecillo and Chiapas, was selected the best there, which demonstrates the existence of both broad and specific adaptation. The results indicate that there are promising materials that may be future cultivars for oil production and biofuel, which will contribute to the development of ricinicultura in Mexico.

Keywords: *Ricinus communis*, morphological characteristics, characteristics of fruits and seeds, vertical adaptation, horizontal adaptation, IGA.

DEDICATORIAS

*A mis padres, Mario Alberto Solís Rodríguez (Q.E.P.D.) y Gloria Isabel Bonilla Espinoza,
porque todo lo que soy es por ellos, porque mis sueños se convirtieron en los suyos.*

*A mi nana, Eluvia López y a mis hermanos, María Guadalupe,
Mario Alberto y Manuel de Jesús por su incondicional apoyo*

*A toda mi familia, en especial a mi Abuela María Luisa y mi tío
Ramón Alfredo por sus ejemplos como personas.*

*A Biaani Beeu quien ha sido un gran apoyo emocional durante mis estudios de
Postgrado, el tiempo en que duro la investigación y escribía esta tesis.*

*No hay sueños imposibles ni tan lejos si somos como niños,
sin miedo a la locura, sin miedo a sonreír.*

Rosana Arbelo Gopar

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo otorgado en el transcurso del Postgrado.

Al Colegio de Postgraduados, PREGEP-Genética, junto con el personal académico que contribuyó a mi formación profesional.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Rosario Izapa (INIFAP-CERI), por su interés y apoyo para el establecimiento y desarrollo del trabajo de investigación.

A los Doctores Abel Muñoz Orozco, José Alberto Salvador Escalante Estrada y Alfredo Zamarripa Colmenero, miembros de mi consejo particular: Por su muy valiosa enseñanza y orientación durante la realización de la investigación y de los estudios de postgrado.

Al Dr. Edwin Barrios Gómez, Líder del Programa de Investigación en Bioenergía del INIFAP, por brindarme su apoyo y facilidades necesarias durante la realización de la investigación.

A los Ingenieros Víctor Hugo Díaz Fuentes y Fernando Constantino Escobar, Jefe de campo y Jefe de operaciones, respectivamente, así como al personal de campo del CERI por brindarme su apoyo y facilidades necesarias para la evaluación en Tuxtla Chico.

Al Sr. Antonio López Sánchez y Rodolfo Zamora por su amistad, experiencia y apoyo en todas las actividades de esta investigación en Montecillo, así como al Lec. José de Jesús Martínez Valencia e Ing. Manuel Zacarías Gutiérrez por su apoyo durante el primer ciclo del cultivo.

A la familia López Hidalgo por los momentos que disfrutamos juntos me siento agradecido por conocerlos y tener su amistad.

Al personal directivo y administrativo del Programa de Recursos Genéticos y Productividad-Genética en especial a las Sras. Yolanda Carillo y Dalila por su apoyo durante los estudios de postgrado.

A todos mis amigos y camaradas por los momentos compartidos y experiencias vividas en especial a Néstor Jorge Rojas Victoria, Benjamín Hernández Vázquez, Moisés Peralta González y Nora Araceli Lomelí Sandoval.

*Amigos personas que siempre están ahí, agradables compañías que a veces incordian,
que te quieren, pero sobretodo hacen que la risa sea más agradable.*

Anónimo

CONTENIDO

	Página
CONTENIDO	ix
LISTA DE CUADROS	xi
LISTA DE FIGURAS	xvi
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
OBJETIVO GENERAL	8
LITERATURA CITADA	9
CAPITULO I. VARIABLES DE CRECIMIENTO, RACIMOS, FRUTOS Y SEMILLAS DE HIGUERILLA (<i>Ricinus communis</i> L) EN MONTECILLO, SIEMBRA DE ABRIL, CICLO 1 ABRIL-DICIEMBRE DE 2013	14
Resumen.....	14
Introducción.....	15
Materiales y métodos.....	17
Resultados y discusión.....	21
Conclusiones.....	32
Literatura citada.....	34
CAPITULO II. VARIABLES DE CRECIMIENTO, RACIMOS, FRUTOS Y SEMILLAS DE HIGUERILLA (<i>Ricinus communis</i> L.) EN MONTECILLO, SIEMBRA DE ABRIL CICLO 2 ENERO-DICIEMBRE DE 2014	37
Resumen.....	37
Introducción.....	38
Materiales y métodos.....	39
Resultados y discusión.....	41
Conclusiones.....	52
Literatura citada.....	53
CAPITULO III. VARIABLES DE CRECIMIENTO, RACIMOS, FRUTOS Y SEMILLAS DE HIGUERILLA (<i>Ricinus communis</i> L.) EN MONTECILLO, SIEMBRA DE JULIO CICLO 1 JULIO-DICIEMBRE DE 2013	54
Resumen.....	54
Introducción.....	55
Materiales y métodos.....	58
Resultados y discusión.....	61
Conclusiones.....	63
Literatura citada.....	64

CAPITULO IV. VARIABLES DE CRECIMIENTO, RACIMOS, FRUTOS Y SEMILLAS DE HIGUERILLA (<i>Ricinus communis</i> L.) EN MONTECILLO, SIEMBRA DE JULIO CICLO 2 ENERO-DICIEMBRE DE 2014.....	68
Resumen.....	68
Introducción.....	69
Materiales y métodos.....	70
Resultados y discusión.....	72
Conclusiones.....	83
Literatura citada.....	84
CAPITULO V. VARIABLES DE CRECIMIENTO, RACIMOS, FRUTOS Y SEMILLAS DE HIGUERILLA (<i>Ricinus communis</i> L.) EN TUXTLA CHICO, SIEMBRA DE JULIO CICLO JULIO DE 2013 A SEPTIEMBRE DE 2014.....	85
Resumen.....	85
Introducción.....	86
Materiales y métodos.....	87
Resultados y discusión.....	89
Conclusiones.....	100
Literatura citada.....	101
CAPITULO VI. INTERACCIÓN GENOTIPO AMBIENTE EN VARIEDADES DE HIGUERILLA (<i>Ricinus communis</i> L.) EN MONTECILLO Y TUXTLA CHICO.....	103
Resumen.....	103
Introducción.....	104
Materiales y métodos.....	108
Resultados y discusión.....	110
Conclusiones.....	117
Literatura citada.....	118
DISCUSIÓN GENERAL.....	123
CONCLUSIONES GENERALES.....	126
COMENTARIOS FINALES.....	128
REVISIÓN DE LITERATURA GENERAL.....	130
APÉNDICES.....	146

LISTA DE CUADROS

CAPÍTULO I

Página

Cuadro 1.	<i>Principales propiedades del suelo del lote experimental en Montecillo siembra de abril.</i>	18
Cuadro 2.	<i>Origen de las variedades de higuera utilizadas en el estudio de variabilidad y adaptación siembra de abril.</i>	20
Cuadro 3.	<i>Cuadrados medios y significancia de las características morfológicas de planta en Montecillo, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013.</i>	21
Cuadro 4.	<i>Comparación de medias de las características morfológicas de planta e índice de selección de las variedades de higuera en Montecillo, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013.</i>	22
Cuadro 5.	<i>Cuadrados medios y significancia de las características de racimos y frutos en Montecillo, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013.</i>	23
Cuadro 6.	<i>Comparación de medias de las características de racimos y frutos e IS de las variedades de higuera en Montecillo, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013.</i>	24
Cuadro 7.	<i>Cuadrados medios y significancia de las características de semillas en Montecillo, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013.</i>	24
Cuadro 8.	<i>Comparación de medias de las características de semillas e IS de las variedades de higuera en Montecillo, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013.</i>	25
Cuadro 9.	<i>Índice de selección de las variedades de higuera en Montecillo siembra de abril, ciclo 1 abril-diciembre de 2013.</i>	26
Cuadro 10.	<i>Valores propios del ACP de las variedades de higuera en Montecillo, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013.</i>	27
Cuadro 11.	<i>Vectores propios del ACP de las variedades de higuera en Montecillo, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013.</i>	27
Cuadro 12.	<i>División de conglomerados de las variedades de higuera en Montecillo, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013.</i>	30
Cuadro 13.	<i>Coeficientes de correlación entre caracteres morfológicos de planta, racimos, frutos, semillas y el rendimiento de grano de higuera en Montecillo, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013.</i>	31

CAPÍTULO II

Cuadro 1.	<i>Cuadrados medios y significancia de características morfológicas de la planta en Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014</i>	41
Cuadro 2.	<i>Comparación de medias de las características morfológicas de planta e índice de selección de las variedades de higuera en Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014.</i>	41
Cuadro 3.	<i>Cuadrados medios y significancia de las características de racimos y frutos en Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre 2014</i>	43
Cuadro 4.	<i>Comparación de medias de las características de racimos y frutos de las variedades de higuera e IS en Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014.</i>	44
Cuadro 5.	<i>Cuadrados medios y significancia de las características de semilla y rendimiento de grano en Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014.</i>	44
Cuadro 6.	<i>Comparación de medias de las características de semilla e IS de las variedades de higuera en Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014.</i>	45
Cuadro 7.	<i>Índice de selección de las variedades de higuera en Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014.</i>	46
Cuadro 8.	<i>Valores propios del ACP de las variedades de higuera en Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014.</i>	47
Cuadro 9.	<i>Vectores propios del ACP de las variedades de higuera en Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014.</i>	47
Cuadro 10.	<i>División de conglomerados de 11 variedades de higuera en Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014.</i>	50
Cuadro 11.	<i>Coefficientes de correlación entre caracteres morfológicos de planta, racimos, frutos, semillas y el rendimiento de grano de higuera en Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014.</i>	51

CAPÍTULO III

Cuadro 1.	<i>Principales propiedades del suelo del lote experimental en Montecillo siembra de julio.</i>	59
Cuadro 2.	<i>Origen de la variedad de higuera que se agregó al estudio de variabilidad y adaptación siembra de julio.</i>	60
Cuadro 3.	<i>Cuadrados medios y significancia de características morfológicas de la planta en Montecillo, siembra de julio ciclo 1 julio-diciembre de 2013.</i>	61
Cuadro 4.	<i>Comparación de medias de las características morfológicas de planta e índice de selección de las variedades de higuera en Montecillo, siembra de julio ciclo 1 julio-diciembre de 2013.</i>	62

CAPÍTULO IV

Cuadro 1.	<i>Cuadrados medios y significancia de características morfológicas de la planta en Montecillo, siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre 2014</i>	72
Cuadro 2.	<i>Comparación de medias de las características morfológicas de planta e índice de selección de las variedades de higuera en Montecillo, siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre 2014.</i>	73
Cuadro 3.	<i>Cuadrados medios y significancia de las características de racimos y frutos en Montecillo, siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014.</i>	73
Cuadro 4.	<i>Comparación de medias de las características de racimos y frutos e IS de las variedades de higuera en Montecillo, siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014.</i>	74
Cuadro 5.	<i>Cuadrados medios y significancia de las características de semillas en Montecillo, siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014.</i>	75
Cuadro 6.	<i>Comparación de medias de las características semillas, CDH e IS de las variedades de higuera en Montecillo, siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014.</i>	76
Cuadro 7	<i>Índice de selección de 12 variedades de higuera en Montecillo, siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014.</i>	77
Cuadro 8.	<i>Valores propios del ACP de 12 variedades de higuera en Montecillo, siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014.</i>	78
Cuadro 9.	<i>Vectores propios del ACP de 12 variedades de higuera en Montecillo, siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014.</i>	78
Cuadro 10.	<i>División de conglomerados de 12 variedades de higuera en Montecillo siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014.</i>	80
Cuadro 11.	<i>Coefficientes de correlación entre caracteres morfológicos de planta, racimos, frutos, semillas y el rendimiento de grano de higuera en Montecillo, siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014.</i>	82

CAPÍTULO V

Cuadro 1.	<i>Principales propiedades del suelo del lote experimental en Tuxtla Chico.</i>	88
Cuadro 2.	<i>Cuadrados medios y significancia de las características morfológicas de la planta en Tuxtla Chico, siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014.</i>	89
Cuadro 3.	<i>Comparación de medias de las características morfológicas de planta e índice de selección de las variedades de higuierilla en Tuxtla Chico, siembra de julio, ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014.</i>	90
Cuadro 4.	<i>Cuadrados medios y significancia de las características de racimos y frutos en Tuxtla Chico, siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014.</i>	91
Cuadro 5.	<i>Comparación de medias de las características de racimos y frutos e IS de las variedades de higuierilla en Tuxtla Chico, siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014.</i>	92
Cuadro 6.	<i>Cuadrados medios y significancia de las características de semillas en Tuxtla Chico, siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014.</i>	92
Cuadro 7.	<i>Comparación de medias de las características de semillas e IS en las variedades de higuierilla en Tuxtla Chico, siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014.</i>	93
Cuadro 8.	<i>Índice de selección de 12 variedades de higuierilla en Tuxtla Chico, siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014.</i>	94
Cuadro 9.	<i>Valores propios del ACP de 11 variedades de higuierilla en Tuxtla Chico, siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre 2014.</i>	95
Cuadro 10.	<i>Vectores propios del ACP de 12 variedades de higuierilla en Tuxtla Chico siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014.</i>	95
Cuadro 11.	<i>División de conglomerados de 12 variedades de higuierilla en Tuxtla Chico siembra de julio ciclo julio 2013 a septiembre 2014.</i>	98
Cuadro 12.	<i>Coeficientes de correlación entre caracteres morfológicos de planta, racimos, frutos, semillas y el rendimiento de grano de higuierilla en Tuxtla Chico, siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014.</i>	99

CAPÍTULO VI

Cuadro 1.	<i>Características de cuatro ambientes en la evaluación de 12 variedades de higuera.</i>	108
Cuadro 2.	<i>Cuadrados medios y significancia de rendimiento de grano en cuatro ambientes.</i>	110
Cuadro 3.	<i>Comparación de medias de rendimiento de las variedades de higuera evaluadas en cuatro ambientes</i>	100
Cuadro 4.	<i>Comportamiento medio de rendimiento de los ambientes ignorando variedades.</i>	111
Cuadro 5.	<i>Cuadrados medios y significancia de rendimiento de grano por ambientes de prueba.</i>	111
Cuadro 6.	<i>Comparación de medias del rendimiento de grano e índice de selección de las variedades de higuera en los ambientes de prueba.</i>	112
Cuadro 7.	<i>Cuadrados medios y significancia del rendimiento de grano de 11 variedades de higuera en cuatro ambientes de prueba mediante el modelo AMMI</i>	114

LISTA DE FIGURAS

	<i>Página</i>
CAPÍTULO I	
Figura 1. <i>Precipitación pluvial durante la estación de crecimiento del cultivo en Montecillo, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013.</i>	17
Figura 2. <i>Ocurrencia de heladas durante el experimento en Montecillo, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013.</i>	18
Figura 3. <i>Distribución de las variedades de higuera en Montecillo: v1, v2, v3, v4, v5, v6, v7, v8, v9, v10 y v11, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013.</i>	28
Figura 4. <i>Dendograma de conglomerados de las variedades de higuera en Montecillo siembra de abril, ciclo 1 abril-diciembre de 2013.</i>	29
CAPÍTULO II	
Figura 1. <i>Precipitación durante el experimento en Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014.</i>	39
Figura 2. <i>Ocurrencia de heladas durante el experimento en Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014.</i>	40
Figura 3. <i>Distribución de las 11 variedades de higuera en Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero diciembre de 2014: v1, v2, v3, v4, v5, v6, v7, v8, v9, v10 y v1.</i>	48
Figura 4. <i>Dendograma de conglomerados de las 11 variedades de higuera en Montecillo siembra de abril, ciclo 2 enero-diciembre 2014.</i>	49
CAPÍTULO III	
Figura 1. <i>Precipitación pluvial durante el experimento en Montecillo, siembra de julio ciclo 1 julio-diciembre de 2014.</i>	58
Figura 2. <i>Ocurrencia de heladas durante el experimento en Montecillo, siembra de julio ciclo 1 julio-diciembre de 2014.</i>	59
Figura 3. <i>Daños ocasionados por la ocurrencia de heladas durante el experimento en Montecillo siembra de julio, ciclo 1 julio-diciembre 2013.</i>	59

CAPÍTULO IV

- Figura 1.** *Precipitación pluvial durante el experimento en Montecillo, siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014.* 70
- Figura 2.** *Ocurrencia de heladas durante el experimento en Montecillo, siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014.* 71
- Figura 3.** *Distribución de las 12 variedades de higuierilla en Montecillo, siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014: v1, v2, v3, v4, v5, v6, v7, v8, v9, v10, v11 y v12.* 79
- Figura 4.** *Dendograma de conglomerados de las 12 variedades de higuierilla en Montecillo siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014.* 80

CAPÍTULO V

- Figura 1.** *Precipitación pluvial durante la estación de crecimiento del experimento en Tuxtla Chico siembra de julio, ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014.* 87
- Figura 2.** *Distribución de las 12 variedades de higuierilla en Tuxtla Chico siembra de julio ciclo julio 2013 a septiembre de 2014: v1, v2, v3, v4, v5, v6, v7, v8, v9, v10, v11 y v12.* 96
- Figura 3.** *Dendograma de conglomerados de las 12 variedades de higuierilla en Tuxtla Chico, siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014.* 97

CAPÍTULO VI

- Figura 1.** *Interacción de variedades de higuierilla en cuatro ambiente: A1 Montecillo, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013; A2 Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014; A3 Montecillo siembra de julio ciclo 1 julio-diciembre de 2013; A4 Montecillo siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014; A5 Tuxtla Chico siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014.* 113
- Figura 2.** *Biplot del CP1 en función del rendimiento promedio de 11 variedades de higuierilla evaluados en cuatro ambientes. Los rombos representan las variedades y los cuadros a los ambientes.* 115
- Figura 3.** *Biplot AMMI de 11 variedades de higuierilla. Los rombos representan las variedades y los vectores a los ambientes.* 116

INTRODUCCIÓN GENERAL

Uno de los problemas mundiales más importantes de orden económico, social, ambiental y aún de sobrevivencia de la propia humanidad, es el cambio climático. El cambio climático, es una transformación climática originada por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) derivadas de las actividades humanas a partir de la generación de la revolución industrial. El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) concluyó que el cambio climático está sucediendo y los humanos contribuimos día a día a incrementarlo. En los últimos 100 años la temperatura media global del planeta ha aumentado 0.7 °C y, desde 1975, el incremento por década es de aproximadamente 0.15 °C. En lo que resta del siglo, la temperatura media anual aumentará entre 2 y 3 °C, ocasionando el mayor cambio climático en los últimos 10,000 años dificultando a las personas y los ecosistemas adaptarse a esta perturbación (IPCC, 2011).

Las actividades humanas generan emisiones GEI de larga permanencia: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆) (ONU, 1997). Las concentraciones atmosféricas de CO₂ han aumentado en un 30% en los últimos 100 años, debido a la combustión originada por el hombre a través de los combustibles fósiles. El aumento constante del CO₂ atmosférico ha sido el responsable de la mayor parte del calentamiento del planeta. (ASA, 2010). El efecto invernadero trae como consecuencias el incremento del promedio de la temperatura de la tierra, las sequías, el deshielo de los polos y las inundaciones; estos fenómenos afectan la vida de millones de personas, las economías familiares y nacionales y la producción y productividad agropecuaria y forestal.

Existen instrumentos como el Protocolo de Kyoto que contiene los esquemas para hacer frente de manera integral al efecto invernadero provocado por la emisión de dióxido de carbono y su acumulación de la atmosfera. Uno de los acuerdo consiste en reducir el impacto negativo en el ambiente a través de procesos, máquinas e implementos más eficientes y mediante el uso de fuentes de energía renovables. Hoy en día 184 países incluyendo México lo han ratificado y los cuales representan el 61.6 % de las emisiones de GEI.

En concordancia con el protocolo de Kyoto, existe el compromiso de investigar, promover, desarrollar y aumentar el uso de formas nuevas y renovables de energía para limitar y reducir las emisiones de gases contaminantes que provocan el calentamiento de la tierra (ONU, 1997).

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático en su artículo cuatro inciso g), indica que las partes deberán promover y apoyar con su cooperación la investigación científica, tecnológica, técnica, socioeconómica y de otra índole, la observación sistemática y el establecimiento de archivos de datos relativos al sistema climático, con el propósito de facilitar la comprensión de las causas, los efectos, la magnitud y la distribución cronológica del cambio climático y la distintas estrategias de respuesta y de reducir o eliminar los elementos de incertidumbre.

Se entiende por “Partes” aquellos países que firmaron y ratificaron esos dos tratados internacionales, obligándose a observar y cumplir su contenido en materia de cooperación internacional en contra del cambio climático. La Convención Marco cuenta con 194 Estados parte y su Protocolo de Kyoto con 184. De acuerdo con el Artículo 7 de la Convención, la Conferencia de las Partes en su calidad de órgano supremo tiene como mandato adoptar las decisiones necesarias para promover su aplicación eficaz. La COP hace referencia por sus siglas en inglés a las reuniones de las Partes de numerosos tratados internacionales (“Conference of the Parties”). Sin embargo, por la relevancia del tema dentro de la agenda internacional, el nombre COP se relaciona con el cambio climático.

El fenómeno del cambio climático, el crecimiento de la población a nivel mundial y en consecuencia su mayor demanda de energía, la reducción y dificultad cada vez mayor de acceso a yacimientos de combustibles fósiles así como el agotamiento de las reservas probadas del petróleo del país, y el aumento constante del precio del petróleo, han dispuesto que la sociedad, diversas instancias de gobierno, centros de educación e investigación exploren nuevas fuentes alternas de energía renovables.

El Gobierno de México decretó en Febrero del año 2008, la Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos que considera, entre otros propósitos la diversificación energética mediante fuentes renovables de energía como los biocombustibles y el impulso a la investigación e innovación tecnológica. (Zamarripa *et al.*, 2009). Además existen varios documentos jurídicos que reglamentan la actividad de los Bioenergéticos en México, como la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (DOF: noviembre, 2008) y la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (DOF: noviembre, 2008).

Actualmente en el mundo, la mayor parte de la producción de Bioenergéticos está basada en materias primas de origen agrícola; a pesar de que en la actualidad los biocombustibles representan una fracción poco significativa de la demanda global de combustibles para el transporte, se espera un crecimiento importante en el largo plazo, principalmente en aquellas regiones donde existe un mayor potencial. La baja producción actual de algunos cultivos en México y la dependencia nacional de granos principalmente de oleaginosas, son factores que orientan a la investigación y la innovación tecnológica, hacia la búsqueda, evaluación y selección de nuevas especies con alto potencial agroindustrial para la producción de biocombustibles. La gran biodiversidad vegetal que existe en México, facilitará la obtención de especies con alto potencial energético, como opciones que no compitan con las especies cultivadas comerciales destinadas a la alimentación. México cuenta con especies vegetales potenciales para la producción de biocombustibles como es el caso de la higuera (*Ricinus communis* L.) considerada entre las mejores alternativas para la producción de biocombustibles.

Según Rodrigues *et al.* (2002) los griegos llamaban a la planta aporano y croton, y los latinos ricinus, significa en griego y latín, respectivamente, garrapatas, por la similitud de las semillas a la forma de una garrapata. La higuera es originaria de África, encontrándose en la República de Yemen al Norte de África, y en el Cercano y Medio Oriente (Purseglove 1974; Vavilov 1992). Etiopía se considera que es el sitio más probable de origen debido a la presencia de una elevada diversidad (Anjani, 2012).

Los primeros registros de la higuera se encontraron alrededor de 4000 años a.c. en los sarcófagos de sacerdotes egipcios. En la India, los relatos históricos muestran su utilización para usos medicinales alrededor de 2000 años a.c. La primera referencia en Europa, menciona que el Obispo Alberto Magno utilizó la planta de higuera para la extracción del aceite con fines medicinales, durante la mitad del siglo XIII y se popularizó como planta ornamental en el siglo XVI, (Rodrigues *et al.*, 2002). En América, su introducción ocurrió probablemente con la llegada de los europeos (Savy Filho, 1999). Una segunda hipótesis es que las semillas de higuera, además de la introducción de los europeos, también fueron traídas por esclavos del continente africano en el siglo XVI (Rodrigues *et al.*, 2002). Los portugueses utilizaban el aceite de higuera, para iluminar las ciudades y para engrasar los ejes de las carretas, expandiendo su importancia durante la época colonial, ya que el aceite de higuera se utilizó para lubricar los engranajes y rodamientos de ingenios de caña (Zuchi, 2008). Su introducción y adaptación a México la ha convertido en una de las malezas más comunes y ampliamente distribuidas (Martínez *et al.*, 2002; Steinmann, 2002).

Falasca *et al.*, (2012) indican que la higuera se desarrolla desde el bosque húmedo templado hasta el bosque lluvioso templado, pasando por el desierto tropical hasta el bosque lluvioso, tolerando precipitaciones de los 200 mm a los 4.290 mm año. El exceso de humedad es perjudicial en cualquier fase del ciclo del cultivo, siendo más crítico en los estados iniciales de plántula y durante la formación y llenado del fruto (Carvalho, 2005; Weiss, 1983). La higuera se puede cultivar hasta los 40 grados de latitud Norte-Sur, aunque hay reportes a 52 °N en la antigua Unión Soviética, donde ciertas variedades fueron seleccionadas para estas condiciones (Falasca *et al.*, 2012; Weiss, 1983). Esta especie se ha considerado como un cultivo de regiones tropicales, requiriendo temperaturas óptimas entre los 20 y 25°C, durante 4 a 6 meses y baja humedad relativa, aunque, puede crecer bien de 26 a 41 °C (CastorOil.in, 2010; Amorim *et al.*, 2001).

Los trabajos de mejoramiento genético de higuera se iniciaron en Estados Unidos en el año 1920, centrándose en la mejora para la cosecha mecanizada. En Brasil, el primer programa de mejoramiento comenzó en 1936 en el Instituto Agronómico de Campinas (IAC). Entre los primeros trabajos estuvo la adaptación de la especie, donde los diferentes genotipos fueron probados en entornos específicos de clima y suelo (Zuchi, 2008). Los primeros estudios de esta especie en México, lo realizaron los doctores Raúl Sánchez Robles y Leodegario Quilantán en 1962, en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) hoy día INIFAP, dichos trabajos se desarrollaron en el Campo Experimental Río Bravo, Tamaulipas (Robles, 1980; Rico *et al.*, 2011). Desde el año 2009, el INIFAP, ha realizado investigación interdisciplinaria para evaluar la factibilidad técnica, económica, energética y ambiental del cultivo de la higuera para la producción de biocombustibles. Los resultados a la fecha indican que la higuera presenta un alto potencial agroenergético (Zamarripa, 2011).

Más de 95% de la producción de higuera en el mundo está concentrada en India, China y Brasil (Sailaja *et al.*, 2008). El desarrollo del cultivo de higuera puede originar una cadena de nuevos negocios, tecnologías y productos (Mazzani, 1983; Brigham, 1993; Stachetti Rodrigues *et al.*, 2007). De acuerdo con Sepúlveda (2012), el impulso de combustibles sustentables para la aviación mexicana promoverá muchas industrias de aceite y biocombustibles, esto genera una necesidad de información técnica y científica sobre este cultivo en diversos nichos ecológicos de México. De la misma forma diversos autores mencionan que el progresivo desarrollo de los combustibles de la aviación y el empleo de motores de altas revoluciones, generan gran demanda de aceite de higuera (Tobar, 1981; Scholz y Da Silva, 2007).

Diversos estudios en germoplasma de higuera han reportado importante variabilidad en cuanto a diferentes aspectos de la planta (Albuquerque y Villalobos, 1996). Algunos autores señalan que para la selección de variantes altamente productivas de higuera se debe hacer énfasis en el número de racimos y peso de fruto; así como en la longitud de los racimos y peso de semillas (Sarwar y Boota, 2008).

El ambiente produce cambios en una población al favorecer a algunas de sus variantes heredables más que otras. Se entiende que los organismos favorecidos son los más aptos y que los factores que pueden determinar la aptitud de adaptación concentran su acción sobre la capacidad de los genotipos para reproducirse. Existen evidencias para deducir que la selección natural no necesariamente actúa para producir cambio, sino más bien para producir estabilidad. En la práctica probablemente nunca se ha llegado a ese punto, dado que el ambiente es dinámico. Así, si se presentan cambios ambientales, la selección ocasiona cambios en la población por medio de los cuales esta se adaptará, siempre que se conserven individuos fértiles (Stebbins, 1978; Leo 1986). La adaptación implica la habilidad de un organismo para vivir en armonía o en conformidad con el ambiente que lo rodea. Si un organismo puede tolerar una serie de condiciones ambientales y ser capaz de producir progenie, entonces contribuye con sus características genéticas al conglomerado genético de la población.

Los organismos viven dentro de una amplitud que va desde un límite grande de tolerancia a los cambios ambientales hasta otro muy pequeño, a esto Shelford en 1913, le llamó “Ley de tolerancia”. Los organismos están limitados para sobrevivir en una cierta amplitud de cada uno de los factores ecológicos y frecuentemente, de gran importancia el efecto de interacción entre esos últimos. Por ejemplo un organismo puede tener un amplio margen de tolerancia para alguna condición dada, como salinidad, temperatura, sequia o heladas; los que no presentan tal tolerancia no pueden sobrevivir. Esto significa que una amplitud de tolerancia estrecha a los factores cambiantes del ecosistema, puede limitar la distribución y adaptabilidad de los organismos (Leo, 1986). Frecuentemente se ha argumentado que la habilidad, de cierta magnitud, de un carácter por responder a algún cambio en el ambiente, es una forma adaptable que puede cambiar por selección natural. La evidencia de que hay variación genética para tal capacidad es la detección de efectos altamente significativos para la interacción genotipo-ambiente. Sin embargo, existe considerable controversia acerca del grado al cual la respuesta de un carácter a cambios del ambiente está determinado por efectos genéticos aditivos o por el genotipo específico (Khan y Bradshaw, 1976).

Las variaciones en el ambiente pueden ser divididas en dos clases: predecibles e impredecibles; las primeras incluyen aquellas formas permanentes del clima y tipo de suelo, así como aquellas características del ambiente que fluctúan de manera sistemática, como la longitud del día y las que están determinadas por el hombre y pueden por lo tanto, ser controladas de manera más o menos adecuada. La segunda categoría incluye aquellas fluctuaciones en humedad y temperatura, así como otros factores tales como la densidad de población, o siniestros provocados por plagas y enfermedades (Campuzano, 2000). La distinción entre estas dos categorías no siempre es clara, y las características incluidas pueden variar de cultivo a cultivo. Más aun, las diferentes clasificaciones que se pueden aplicar, no permiten marcar siempre las diferencias esenciales entre estas dos categorías. Todo esto explica el impacto diferencial que causa la variación del ambiente en las poblaciones, según sea la especie de que se trate (Billings, 1995; Allard y Bradsham, 1964).

OBJETIVO GENERAL

El objetivo de este trabajo fue estudiar la adaptación de un grupo de variedades de higuera en Montecillo, Estado de México, localidad de clima templado y Tuxtla Chico, Chiapas, localidad de clima tropical, se evaluaron cuatro ambientes: A1 Montecillo, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2103; Montecillo siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014 (A2), A3 Montecillo, siembra de julio, ciclo 1 julio-diciembre de 2013; A4 Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014 y Tuxtla Chico, siembra de julio, ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014 (A5). Así mismo evaluar la interacción genotipo ambiente de las variedades de higuera en clima tropical y templado.

En este contexto se llevó a cabo la presente investigación, la cual abarca seis fases que se describen en los siguientes seis capítulos de tesis; el primero concierne a los resultados del ensayo experimental del A1 donde se probaron diferentes variedades; el segundo capítulo corresponde al estudio de estas variedades en el ciclo 2 del experimento derivado del capítulo I; el tercer apartado incluye el estudio de 12 variedades en Montecillo siembra de julio; en un cuarto capítulo se presentan los resultados de la siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014 del experimento procedente del capítulo III; el Capítulo V hace referencia a la variabilidad y adaptación de 12 variedades de higuera en Tuxtla Chico, Chiapas; finalmente en el capítulo VI se presentan los resultados de la interacción genotipo x ambiente de la variedades de higuera en las localidades de Montecillo y Tuxtla Chico.

LITERATURA CITADA

Albuquerque, N. y M. J. Villalobos. 1996. Estudio de la variación en plantas de una colección de ricino. *Grasas y Aceites* 47(4): 237-241.

Allard, R.w. and Brandshaw, A.P. 1964. Implications of genotype-environment interactions in applied plant breeding. *Crop Sci.* 4:503-508.

Amorim N., M. da S., Araujo, A. E., de., Beltrão, N. E. de M. 2001. Clima e solo. En: Pedrosa de A., M, Lima F., E. Ed. *O agronegocio da mamona no Brasil*. Embrapa Algodão, Campina Grande. pp. 62-76

Anjani, K. 2012. Castor genetic resources: A primary gene pool for exploitation. *Ind. Crops Prod.* 35:1–14.10.1016

ASA, 2010. <http://biocombustibles.asa.gob.mx/wb/biocombustibles/bioc001>

Billings W.D. 1952. The environments complex in relation to plant growth and distribution. *The quarterly review of biology* 27(3) : 251-265

Brigham, R.D. 1993. Castor: Return of an old crop. In J. Janick and J.E. Simon (eds.) *New crops*. John Wiley & Sons, New York. p. 380–383.

Campuzano D. L. F. 2000. Adaptación y su relación con la selección natural y el mejoramiento de poblaciones. *Revista de Ciencias Agrícolas* v.17 fasc.1 p.227 – 231.

Carvalho, B. C. L. 2005. *Manual do cultivo da mamona*. Salvador: EBDA, 65 p. il.

CASTOROIL.IN. 2010. Comprehensive castor oil reporte. A report on castor oil & castor oil derivates. Updated – November Clixoo. Tamilnadu, India. 203 p.

Falasca, S. L., Ulberich, A. C., Ulberich, E. 2012. Developing an agro-climatic zoning model to determine potential production areas for castor bean (*Ricinus communis* L.). En: Industrial Crops and Products. 40: 185– 191.

IPCC, 2007. IV Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de expertos sobre cambio climático. World meteorological Organization. UNEP. <http://www.ipcc.ch>.

IPCC, 2011: IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Prepared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C. von Stechow (eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1075 pp.

Kang, M. S. 2001. Genotype-Environment Interaction: Progress and Prospects. In: Quantitative Genetics, Genomics and Plant Breeding. Ed. Manjit S. Kang. CABI Publishing. 2001.

Leo, S.R. 1986. Elements of ecology, 2da ed. New York, Harper & Row. Publishers, 577 p.

Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos. Diario Oficial de la Federación, febrero 2008.

Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar. Diario Oficial de la Federación, octubre 2008.

Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía. Diario Oficial de la Federación, noviembre 2008.

Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. Diario Oficial de la Federación, noviembre 2008.

Martínez G. M., Jiménez R. J., Cruz D. R., Juárez A., E., García R., Cervantes A., Mejía H. R., 2002. Los géneros de la familia Euphorbiaceae en México, vol. 73. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica, pp. 155–281.

Mazzani, B. 1983. Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas. Caracas, Venezuela: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. p. 277-360.

ONU, 1997. Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Tokio, Japón. Versión electrónica. 40 p.

Purseglove J.W. 1974. Tropical Crops. Dicotyledons. London, (Longman).

Rico P, H. R., Tapia V. L. M., Teniente O. R., González Á. A., Hernández M. M., Solís B. J.L., y Zamarripa C. A. 2011. Guía para cultivar higuierilla (*Ricinus communis* L.) en Michoacán. Folleto Técnico Núm. 1. INIFAPCIRPAC Campo Experimental Valle de Apatzingán.

Robles. S.R. 1980. Producción de oleaginosas y textiles. Ed.LIMUSA. México. Pag. 507-518.

Rodrigues R.F. de O.; Oliveira F. de; Fonseca A.M. 2002.As folhas de Palma Christi – *Ricinus communis* L. Euphorbiaceae Jussieu. Revista Lecta. Bragança Paulista, v. 20, n. 2, p. 183-194.

Sailaja M; Tarakeswari M; Sujatha M. 2008. Stable genetic transformation of castor (*Ricinus communis*) via particle gun-mediated gene transfer using embryo oaxes from mature seeds. *Plant Cell Rep.* 27: 1509-1519.

Sarwar, G. and M. Boota-Chaudhry. 2008. Evaluation of castor (*Ricinus communis* L.) induced mutants for possible selection in the improvement of seed yield. *Span. J. Agric. Res.* 6 (4): 629-634.

Savy F. A. Melhoramento da mamona. In: BOREM, A. Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa: Editora: Universidade Federal de Viçosa, 1999. p. 383-407.

Scholz, V. e Da Silva Nogueira, J. 2007. Óleo de mamona como combustível: fatos, perspectivas e riscos. *Engenharia na Agricultura, Viçosa, MG.* 15(2):168-172.

Sepúlveda G. I. 2012. Bioturbosina. Producción de cultivos energéticos para la aviación comercial. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(3) p. 579-594

Stachetti-Rodrigues, G.; I. Aparecida-Rodrigues; C.C. de Almeida-Buschinelli; M. A. Viera-Ligo; A. M. Moreno-Pires; R. T. S. Frighetto and L. J. M. Irias. 2007. Socio-environmental impact of biodiesel production in Brazil *J. Technol. Manag. Innov.* 2 (2): 46-66.

Stebbins, G. L. 1978. *Procesos de la evolución orgánica*. Ediciones del Castillo, Madrid.

Steinmann, V.W., 2002. Diversidad y endemismo de la familia Euphorbiaceae en México. *Acta Botánica Mexicana* 61, 61-93.

Tobar, H. J. R. 1981. Evaluación de tres densidades de siembra en variedades guatemaltecas e híbridos sur africanos del cultivo de higuerillo (*Ricinus communis* L.). Tesis profesional. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Guatemala 152 p.

Vavilov, N.I. 1992. Origin and Geography of Cultivated Plants. Traslated by D. Löve. Cambridge: Cambridge University Press. 498 pp.

Weiss. E.A. 1983. Oilseed Crops. Longman, London, 660 p.

Zamarripa-Colmenero, A.; Ruiz-cruz, P. A.; Solís-Bonilla, J.L.; Martínez-Herrera, J.; Olivera-De los Santos, A.; Martínez-Valencia, B. 2009. Biocombustibles: perspectivas de producción de biodiesel a partir de *Jatropha curcas* L. en el trópico de México. Folleto Técnico núm. 12. Instituto Nacional de Investigación Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México. 46p.

Zamarripa C. A. 2011. Guía para cultivar higuerilla (*Ricinus communis* L.) en Michoacán. Folleto Técnico Núm. 1. INIFAPCIRPAC Campo Experimental Valle de Apatzingán.

Zuchi Jacson. 2008. Características agronômicas de cultivares de mamona em função do ambiente de cultivo. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. 54p.

CAPÍTULO I

VARIABLES DE CRECIMIENTO, RACIMOS, FRUTOS Y SEMILLAS DE HIGUERILLA

(*Ricinus communis* L) EN MONTECILLO, SIEMBRA DE ABRIL,

CICLO 1 ABRIL-DICIEMBRE DE 2013.

JOSÉ LUIS SOLÍS BONILLA, M.C.

COLEGIO DE POSTGRADUADOS, 2015

RESUMEN

Diversas instituciones se han encaminado a la búsqueda de nuevas fuentes de energía a partir de especies vegetales. Una de estas especies es la higuera (*Ricinus communis* L.), planta oleaginosa que se encuentra ampliamente distribuida en México. El objetivo de este trabajo fue estudiar la adaptación de un grupo de variedades de higuera en Montecillo siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013 (A1), localidad de clima templado valorando las variedades mediante un índice de selección y por componentes principales. El material genético consistió de 10 variedades mejoradas del INIFAP originadas de Chiapas y Michoacán y una no mejorada colectada en Montecillo, Estado de México. Se evaluaron varias características morfológicas, días a floración, y variables de racimos, frutos y semillas. De acuerdo a los índices de selección y componentes principales las variedades mejoradas V2 (*Riric* 265-1), V3 (*Riric*67-6) V6 (*Riric*19) y V10 (*Riric*1) fueron las de mejor adaptación y los caracteres en los que más destacaron fueron diámetro de tallo (DT), número de ramas (NR), número de hojas (NH), longitud del dosel (LDS), porte bajo y precocidad (DF) en tanto que la no mejorada sobresalió en longitud de racimo (LR) y frutos por racimo (FR). Los índices de selección resultaron eficientes para precisar las mejores variedades y concordó con los agrupamientos determinados por componentes principales y conglomerados. No obstante, de presentarse heladas severas, se logró la producción de semilla lo que sugiere la posibilidad de generar material genético adaptado a este nivel altitudinal.

Palabras claves: *Ricinus communis*, clima templado, adaptación, producción.

INTRODUCCIÓN

Diversos países en el mundo han apoyado la utilización de especies productoras de biocombustibles con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Zamarripa *et al.*, 2012). Una de las alternativas es la higuierilla (*Ricinus communis* L.), especie oleaginosa que se encuentra ampliamente distribuida en México, que posee alto potencial de producción de grano para la obtención de aceite. (Martínez *et al.*, 2012).

La higuierilla es una planta de hábito anual o perenne de acuerdo a las condiciones ambientales (Vibrans, 2009). Planta de dosel alto, a veces algo arbustiva, de color verde claro a grisáceo, en ocasiones rojiza, con tallo erecto de hasta 6 m de altura. (Rzedowski y Rzedowski, 2001). La semilla es oval, rara vez esférica o alargada, de 0.8 a 3 cm de longitud, 0.6 a 1.5 cm de ancho y 0.4 a 1.0 cm de espesor (Moshkin, 1986). Presenta color variable con manchas rojizas y parduzcas, tiene una cubierta exterior dura y quebradiza y otra inferior muy fina de color blanquecino, ambas protegen la semilla, la cual consta de un embrión pequeño con sus dos cotiledones delgados y el albumen blando, compacto y aceitoso (Rzedowski y Rzedowski, 2001; Beltrão *et al.*, 2010; Weiss, 1983). La semilla contiene toxinas como ricina (la cual es una albúmina perteneciente a la familia de proteínas desactivadoras de ribosomas, detienen la síntesis de proteínas, causando la muerte de las células por apoptosis) y la ricinina, alcaloide muy tóxico que atacan la hígado y al páncreas, (Rzedowski y Rzedowski, 2001; Fanan *et al.*, 2009).

Los estudios sobre los componentes del rendimiento de los racimos proporcionan una orientación para lograr una producción óptima. Estos son interdependientes y cambian en respuesta a las condiciones ambientales. Las correlaciones negativas entre los componentes de rendimiento son muy frecuentes (Kumar *et al.*, 1997; Rajala *et al.*, 2009; Soratto *et al.*, 2011, Sadras y Slafer, 2012). Algunos autores señalan que para la selección de variantes altamente productivas de higuierilla se debe hacer énfasis en el número de racimos, peso de fruto, longitud de los racimos y peso de semillas (Sarwar y Boota, 2008). En algunos estudios, el número de semillas por racimo se descompone en número de frutos por racimo y el número de semillas por fruto; sin embargo, estos dos componentes se analizan preferiblemente juntos porque hay una variación insignificante en el número de semillas por fruto (Fanan *et al.*, 2009; Machado

et al, 2009). El peso individual de las semillas juega un papel importante (Severino 2012), está determinado por el potencial genético de la planta (Egli *et al.*, 1987), pero la variabilidad puede ser causada por muchos procesos fisiológicos que son sensibles a los cambios ambientales. En especies de polinización cruzada, el origen del embrión diploide y la naturaleza del endospermo triploide es una fuente potencial de variabilidad en el peso de la semilla (Hay *et al.*, 2010).

Por todo lo anterior, el objetivo de este capítulo fue estudiar la variabilidad y adaptación de un grupo de variedades de higuera en Montecillo, Estado de México, de abril a diciembre de 2013 (A1).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en el periodo abril-diciembre de 2013 en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados, localizado en Montecillo municipio de Texcoco, Estado de México, con coordenadas geográficas 19° 21' de latitud norte y 98° 54' de longitud oeste; con altitud de 2240 msnm. El clima de acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificada por García (2005) es C (Wo) (W) b (i'), correspondiente al clima templado subhúmedo con lluvias en verano. La precipitación y la temperatura media anual son de 625 mm y 16 °C respectivamente. La distribución pluvial ocurrió de abril a mediados de octubre con régimen bimodal, con sequía intraestival (SI) en el mes de agosto y la gran sequía invernal (GSI) de mediados de octubre hasta mediados de marzo. La precipitación acumulada durante la estación de crecimiento del cultivo fue de 639 mm (Figura 1). Se presentaron heladas de inicios de diciembre a mediados de febrero (Figura 2). Al final del ciclo las heladas dañaron el cultivo.

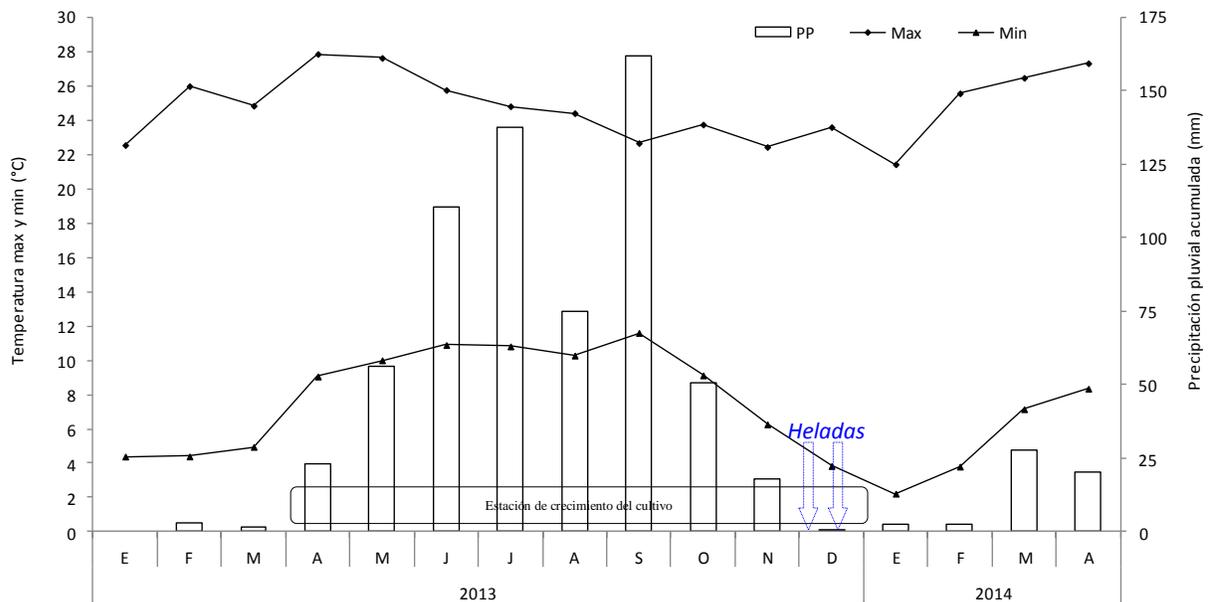


Figura 1. Precipitación pluvial durante la estación de crecimiento del cultivo en Montecillo, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013.

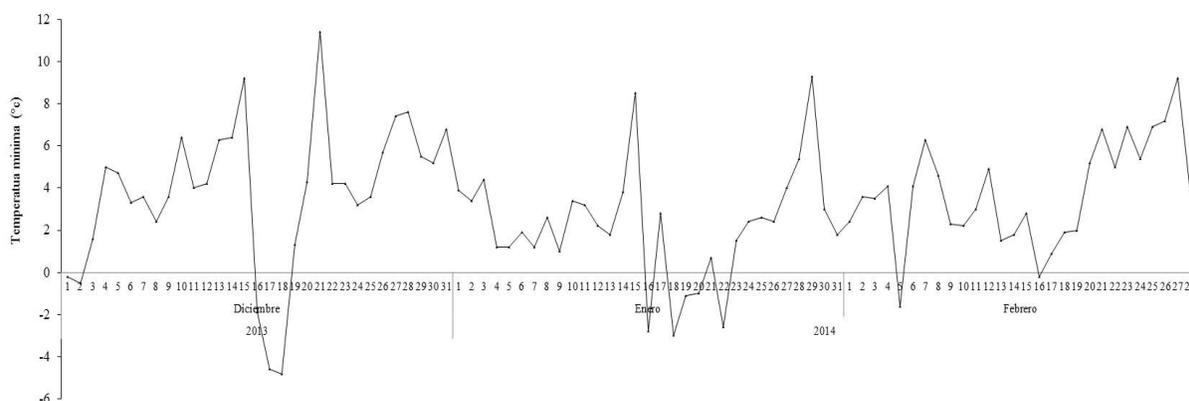


Figura 2. Ocurrencia de heladas durante el experimento en Montecillo, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013.

De acuerdo a los resultados de los análisis de suelo, se trata de un suelo franco arenoso, moderadamente básico y ligeramente salino, con porcentajes de materia orgánica (M.O.) de 2 a 3 %. (Cuadro 1).

Cuadro 1. Principales propiedades del suelo del lote experimental en Montecillo siembra de abril.

Localidad	Textura	pH	CE	CIC	M.O	N	P	K	Ca	Mg	Na
			dS m ⁻¹	meq/100g	(%)	total (%)					
L1-E1	Franco arenoso	7.9	0.77	27.5	2.98	0.15	13.15	1.56	27.35	17.5	0.71

Se evaluaron 11 variedades de higuera: 10 mejoradas y la colecta *CP13* (no mejorada) (Cuadro 2). Las variedades de INIFAP fueron seleccionados de acuerdo a resultados previos obtenidos por Zamarripa *et al.*, (2010). El experimento se estableció el 06 de abril de 2013. La parcela experimental fue de 6 metros de largo por 1.5 metros de ancho (9 m²), con cinco plantas por surco, en cuadrado a 1.5 x 1.5 m. Se usó un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones. En aquellas variables en que se realizaron lecturas en varias fechas se generó un diseño factorial con dos factores, variedades y lecturas, bajo un arreglo de parcelas divididas en donde las lecturas correspondieron a las parcelas grandes y las variedades las subparcelas. El modelo es el siguiente:

$$Y = Rep + Lec + Error a + Var + Var \times Lec + Error b \text{ ----- (1)}$$

Dónde: Y=variación total de la variable respuesta; Rep = variación de repeticiones; Lec = variación de lecturas; Error a = variación asociada a parcelas grandes; Var = variación de las variedades; Var x Lec = interacción de variedades por lecturas; Error b= variación asociada a subparcelas.

Las variables evaluadas con más de una fecha de lectura fueron: altura de la planta (AP) medida desde la superficie del suelo hasta el extremo más alto, diámetro de tallo (DT) 40 cm arriba del suelo, número de hojas (NH) contadas a partir de la base del tallo hasta el extremo más alto, número de ramas (NR) de la base del tallo hasta la primera bifurcación, área del dosel vegetal (ABS): para ello se tomó el ancho (ADS) y largo (LDS) del dosel.

Las variables que se registraron una vez corresponden a los días a floración (DF), número de racimos por planta (NRP), longitud del racimo (LR), número de frutos por racimo (NF), diámetro ecuatorial (DE) y polar (DP) de fruto y peso de fruto (PF). Así mismo características en semilla: longitud (LS), Ancho (AS), grosor (GS), volumen (VL), relación largo/ancho (RLA), peso de 100 semillas (PCS) así como la producción de grano (REN). El modelo para el análisis de estas variables correspondió a un experimento simple con bloques, variedades y error como factores de variación según se indica en seguida.

$$Y=Rep+Var+Error \text{ -----} (2)$$

Dónde: Y=variación total de la variable respuesta; Rep = variación de repeticiones; Var = variación de las variedades; Error = variación asociada al error.

Los análisis se hicieron a través del programa estadístico SAS 9.0 (SAS Insitute Inc., Cary, NC, USA) y las medias comparadas por la prueba de Duncan, con un nivel de significación del 5%. Finalmente las medias de variedades de todas las variables en estudio fueron sometidas a análisis multivariados de componentes principales y conglomerados.

Cuadro 2. Origen de las variedades de higuierilla utilizadas en el estudio de variabilidad y adaptación siembra de abril.

Tratamiento	Genotipo	Forma	Origen	Altitud (msnm)	Color de semilla
1	<i>Riric269-3</i>	M	Morelia, Michoacán	1695	Café veteadado
2	<i>Riric265-1</i>	M	Barranca Honda, Michoacán	872	Crema veteadado
3	<i>Riric67-6</i>	M	Frontera Comalapa, Chiapas	687	Crema veteadado
4	<i>Riric267-2</i>	M	Tipitio, Uruapan, Michoacán	2101	Crema veteadado
5	<i>Riric10</i>	M	Unión Juárez, Chiapas	878	Crema veteadado
6	<i>Riric19</i>	M	Sierra Morena, Villa Corzo, Chiapas	1070	Crema veteadado
7	<i>Riric29</i>	M	La Garza, Villaflores, Chiapas	605	Café veteadado
8	<i>Riric274</i>	M	San Jerónimo, Unión Juárez, Chiapas	776	Crema veteadado
9	<i>Riric273</i>	M	Guatimoc, Cacahoatán, Chiapas	809	Crema veteadado
10	<i>Riric1</i>	M	Unión Roja, Cacahoatán, Chiapas	519	Café veteadado
11	<i>CP13</i>	NM	Montecillo, Texcoco, Edo. de México	2240	Gris veteadado

M; mejorada, NM; no mejorada

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis factorial con fechas y variedades

Se detectó significancia en bloques, fechas y variedades en siete características de planta evaluadas, la interacción variedades x fechas fue significativa solo para el carácter altura de planta (Cuadro 3).

Cuadro 3. Cuadrados medios y significancia de las características morfológicas de planta en Montecillo, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2103.

FV	GL	AP	DT	NR	NH	ADS	LDS	ABS
Bloques	3	13972.2**	15.3**	8.83**	64.82**	25164.3**	29237.1**	2.6**
Fechas	9	407383.0**	388.4**	30.6**	735.2**	694667.7**	652741.5**	66.9**
Error a	27	637.6	0.61	0.23	3.17	1530.3	1446.1	0.13
Variedades	10	4849.1**	7.7**	2.41**	17.18**	8699.5**	9295.7**	0.81**
Var x Fech	90	516.9**	0.58ns	0.15ns	1.30ns	942.5ns	516.1ns	0.04ns
Error b	169	192.7	0.35	0.10	1.43	1124.1	1083.7	0.09
CV		16.65	20.86	16.17	22.77	27.62	20.91	22.61
R ²		0.98	0.96	0.85	0.93	0.93	0.96	0.95

FV=fuente de variación, GL= grados de libertad, AP= altura de planta, DT=diámetro de tallo, NR=número de ramas, NH=número de hojas, ADS= Ancho del dosel, LDS= longitud del dosel, ABS=área basal ** Diferencias significativas a 0.01 de probabilidad, * Diferencias significativas a 0.05 de probabilidad, ns = no significativo

Comparación de medias de variedades de características morfológicas de planta

Esta comparación se ilustra en el Cuadro 4, en la columna de cada variable las variedades con la letra “a” son las estadísticamente iguales y superiores. Para elaborar un índice de selección (IS) en que intervengan todas las variables de respuesta se asignó un “1” por cada “a” en el renglón de cada variedad. La suma de los “1” constituyó el IS. Así el índice integra el efecto adaptativo de todas las características en que la variedad mostró buena respuesta en un ambiente dado. Acorde a esto, las variedades 1(Riric269-3) con valor 6; 3(Riric67-6) y 4(Ricirc267-2) con valores de 5, fueron las de mejor índice. Se marcaron en negritas las características más destacadas en cada variedad, lo que permite apreciar la frecuencia por característica. Las características con mayor frecuencia fueron el DT, NR, NH, LDS lo que refleja los rasgos de mayor énfasis en la selección. En relación a la AP, la baja frecuencia de plantas altas en las variedades mejoradas indica que la selección se ha orientado a plantas de altura reducidas.

Cuadro 4. Comparación de medias de las características morfológicas de planta e índice de selección de las variedades de higuera en Montecillo, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013.

Variedades	AP (cm)	DT (cm)	NR	NH	ADS (cm)	LDS (cm)	ABS (m ²)	IS
1	101.4 b	3.7 <u>a</u>	12.4 <u>a</u>	57.4 <u>ab</u>	167.8 <u>a</u>	158.1 <u>a</u>	3.9 <u>a</u>	6
2	85.7 cde	3.5 <u>ab</u>	10.8 <u>abc</u>	45.9 <u>abcde</u>	144.7 bc	144.4 <u>ab</u>	3.1 bc	4
3	90.9 cd	3.7 <u>a</u>	10.7 <u>abc</u>	46.1 <u>abcde</u>	142.9 bcd	152.0 <u>ab</u>	3.4 <u>ab</u>	5
4	89.0 cde	3.5 <u>ab</u>	12.2 <u>ab</u>	62.8 <u>a</u>	120.9 def	147.9 <u>ab</u>	3.4 <u>ab</u>	5
5	87.2 cde	3.0 cd	9.8 bc	39.7 e	88.7 g	136.6 b	2.5 c	0
6	88.6 cde	3.4 <u>ab</u>	10.6 <u>ab</u>	53.4 <u>abc</u>	149.8 <u>ab</u>	138.4 b	3.0 bc	4
7	93.3 c	3.0 d	11.4 <u>ab</u>	49.6 <u>abcd</u>	121.7 cdef	148.4 <u>ab</u>	3.0 bc	3
8	110.8 <u>a</u>	3.3 <u>abc</u>	10.0 bc	40.2 de	142.7 bcd	144.0 <u>ab</u>	3.0 bc	3
9	81.1 e	3.2 bcd	12.1 <u>ab</u>	55.4 <u>ab</u>	110.0 f	153.1 <u>ab</u>	3.4 <u>ab</u>	4
10	84.8 de	3.4 <u>abc</u>	8.6 c	45.4 cde	136.0 bcde	142.0 <u>ab</u>	3.2 bc	2
11	68.4 f	2.3 e	6.3 d	26.3 f	118.0 ef	104.0 c	2.1 d	0
Media	89.24	3.33	10.49	47.50	131.23	142.69	3.14	
⁺ Frec-pc	1	7	7	6	2	8	4	

AP= altura de planta (cm), DT=diámetro de tallo (cm), NR=número de ramas, NH=número de hojas, ADS= Ancho del dosel (cm), LDS= longitud del dosel (cm), ABS=área basal (m²), IS=índice de selección o frecuencia de "aes" por variedad, ⁺frecuencia de "aes" por característica. Promedios con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales Duncan ($P \leq 0.05$).

Análisis de una sola lectura

Características de racimos y frutos

El análisis de variación se sintetiza en el Cuadro 5, hubo significancia en repeticiones en las variables frutos por racimos (FR) y diámetro polar de fruto (DP). Para variedades se detectó significancia para seis caracteres, y no se observó para el número de racimos por planta (NRP). En cuanto a días a floración hubo significancia en repeticiones y variedades.

Cuadro 5. Cuadrados medios y significancia de las características de racimos y frutos en Montecillo, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013.

FV	GL	DF	NRP	LR	FR	DP	DE	PF
Repeticiones	3	734.6**	2.372 ns	25.61ns	182.46*	0.09*	0.06 ns	1.89 ns
Variedades	10	832.1**	2.25 ns	699.17**	3051.40**	0.78**	0.91**	57.11**
CV		9.62	28.10	13.04	20.59	6.00	6.22	17.68
R ²		0.81	0.60	0.93	0.93	0.85	0.86	0.79

*FV=fuente de variación, GL= grados de libertad, DF=días a floración, NRP= número de racimos por planta, LR=longitud de racimo, FR=frutos por racimo, DP=diámetro polar de fruto, DE= diámetro ecuatorial de fruto, PF= peso de fruto, ** Diferencias significativas a 0.01 de probabilidad, * diferencias significativas a 0.05 de probabilidad ns = no significativo*

Comparación de medias de variedades de las características de racimos y frutos e índice de selección.

Las variedades mejoradas (1 a 10) presentan mayor NRP que la no mejorada (*CP13*) en cambio esta tiene mayor longitud de racimo y número de frutos por racimo, características que pueden ser útiles en cruzamientos o en esquemas de selección recíproca recurrente. Como en el caso anterior se elaboró el índice de selección; en el caso particular de la variable días a floración por el interés en las variedades precoces que son las que tienen letra “c” se les asignó el “1”. Las variedades con el mejor índice fueron la 2(*Riric265-1*), 5(*Riric10*), 6(*Riric19*) y 10(*Riric1*) con valores de 5 (Cuadro 6). Las cuales sobresalieron por características de fruto grande y pesado rasgos que se han influenciado por el proceso de selección. Otro carácter con mayor frecuencia en las variedades mejoradas fue el número de racimos por planta. Barrios *et al.*, (2013) mencionan que el promedio del número de racimos en Morelos fue de 11. Por su parte Machado *et al.*, (2009) reportaron de 34 a 143 frutos por racimo. Resultados similares se encontraron en esta investigación. Barrios *et al.*, (2013) en Morelos encontraron rangos de días a floración de 40 a 72 dds. En esta investigación los rangos de DF fluctuaron de 99 a 149 dds, las diferencias residen en el nivel altitudinal y clima, siendo Morelos de clima más cálido y seco.

Cuadro 6. Comparación de medias de las características de racimos y frutos e IS de las variedades de higuera en Montecillo, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013.

Var	DF (dds)	NRP	LR (cm)	FR	DP (cm)	DE (cm)	PF (g)	IS
1	122 b	31.6 <u>ab</u>	44.2 b	62.2 b	2.4 d	2.4 c	6.0 c	1
2	108 <u>bc</u>	29.1 <u>ab</u>	16.9 e	18.1 e	3.0 <u>ab</u>	3.2 <u>a</u>	13.2 <u>a</u>	5
3	111 <u>bc</u>	29.0 <u>ab</u>	20.4 cde	23.2 de	2.9 bc	3.1 <u>a</u>	11.6 <u>a</u>	4
4	122 b	32.2 <u>ab</u>	23.4cd	30.7 cd	2.9 bc	3.0 <u>a</u>	11.8 <u>a</u>	3
5	117 <u>bc</u>	28.0 <u>ab</u>	18.4 de	24.5 cde	3.2 <u>a</u>	3.2 <u>a</u>	13.6 <u>a</u>	5
6	99 <u>c</u>	29.0 <u>ab</u>	18.4 de	24.6 cde	3.1 <u>ab</u>	3.2 <u>a</u>	12.8 <u>a</u>	5
7	104 <u>c</u>	24.5 <u>ab</u>	24.9 c	31.0 cd	2.7 c	2.7 b	8.9 b	2
8	103 <u>c</u>	40.3 <u>a</u>	16.6 e	25.0 cde	2.9 bc	3.0 <u>a</u>	10.7 <u>ab</u>	4
9	100 <u>c</u>	27.5 <u>ab</u>	21.7 cde	36.0 c	2.3 d	2.4 c	5.5 c	2
10	104 <u>c</u>	35.0 <u>ab</u>	18.9 de	25.8 cde	3.1 <u>ab</u>	3.1 <u>a</u>	12.4 <u>a</u>	5
11	149 a	11.7 b	49.9 <u>a</u>	104.5 <u>a</u>	1.9 e	1.8 d	3.5 c	2
Media	113	28.92	24.93	36.89	2.802	2.872	10.059	
+Frec-pc	8	10	1	1	4	7	7	

DF=días a floración, NRP= número de racimos por planta, LR=longitud de racimo (cm), FR=frutos por racimo, DP=diámetro polar de fruto (cm), DE= diámetro ecuatorial de fruto (cm), PF= peso de fruto (g), IS=índice de selección o frecuencia de “aes” por variedad, + frecuencia de “aes” por característica. Promedios con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales Duncan ($P \leq 0.05$).

Características de semillas

Hubo significancia en repeticiones en las variables volumen de semilla (VL) y peso de 100 semillas (PCS). Para variedades se detectó significancia para las siete características de semillas evaluadas (Cuadro 7)

Cuadro 7. Cuadrados medios y significancia de las características de semillas en Montecillo, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013.

FV	GL	LS	AS	GS	VL	RLA	PCS	REN
Repeticiones	3	0.01ns	0.01ns	0.004 ns	0.02 *	0.0002 ns	318.52*	47.50 ns
Variedades	10	0.28**	0.28**	0.04**	0.22**	0.02**	2024.51 **	90.78*
CV		3.86	3.72	3.02	9.88	1.82	12.31	31.17
R ²		0.92	0.96	0.94	0.89	0.96	0.84	0.64

FV=fuente de variación, GL= grados de libertad, LS= longitud de semilla, AS=Ancho de semilla, GS=grosor de semilla, VL= volumen de semilla, RLA= relación largo/ancho, PCS=peso de 100 semillas, REN=rendimiento de semillas, ** Diferencias significativas a 0.01 de probabilidad, * diferencias significativas a 0.05 de probabilidad, ns = no significativo

Comparación de medias de variedades de las características de semillas e índice de selección

Las variedades 5(*Riric10*), 6(*Riric19*) y 10(*Riric1*) fueron las de mejor índice de selección con valores de 6 (Cuadro 8). Los resultados obtenidos para la variable peso de 100 semillas muestran una amplitud en las medias obtenidas para variedades que nos da una idea de la variabilidad que existe entre estas semillas cultivadas. Ésta misma variabilidad fue observada en Morelos por Barrios *et al.*, (2013). De la misma forma, Mazzani (1983), reporta resultados similares a esta investigación en Maracay, Venezuela encontrando peso de 100 semillas entre 19 y 91.8 g.

Cuadro 8. Comparación de medias de las características de semillas e IS de las variedades de higuierilla en Montecillo, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013.

Var	LS (cm)	AS (cm)	GS (cm)	VL (ml)	RLA	PCS (g)	REN (g p ⁻¹)	IS
1	1.53 e	1.21 ed	0.73 d	0.60 ef	1.27 cd	60.28 cd	1102 a	1
2	1.86 ab	1.50 abc	0.82 bc	0.93 ab	1.24 def	88.22 a	663 b	4
3	1.81 bc	1.50 bc	0.83 bc	0.85 abc	1.20 f	83.96 ab	585 b	2
4	1.74 cd	1.44 c	0.81 c	0.78 cd	1.21 f	73.25 bc	868 ab	1
5	1.95 a	1.58 a	0.85 ab	0.93 ab	1.23 ef	93.88 a	771 ab	6
6	1.96 a	1.57 ab	0.86 ab	0.95 a	1.25 cde	93.25 a	794 ab	6
7	1.69 d	1.26 d	0.74 d	0.67 de	1.34 b	67.88 cd	801 ab	1
8	1.77 bcd	1.44 c	0.80 c	0.82 bc	1.23 ef	82.38 ab	1106 a	2
9	1.36 f	1.16 e	0.71 d	0.53 f	1.17 g	54.80 d	914 ab	1
10	1.96 a	1.54 ab	0.87 a	0.91 ab	1.27 c	88.52 a	767 ab	6
11	1.21 g	0.76 f	0.54 e	0.21 g	1.60 a	22.85 e	297 b	1
Media	1.71	1.36	0.78	0.74	1.27	73.57	787.85	3
⁺ Frec-pc	4	4	3	5	1	6	8	

LS= longitud de semilla (cm), AS=Ancho de semilla (cm), GS=grosor de semilla (cm), VL= volumen de semilla (ml), RLA= relación largo/ancho, PCS=peso de 100 semillas (g), REN=rendimiento de semillas (g p⁻¹), IS=índice de selección o frecuencia de "aes" por variedad, ⁺frecuencia de "aes" por característica, Promedios con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales Duncan (P≤0.05).

En el Cuadro 9, se presenta el índice de selección (IS), obtenido de sumar los índices parciales de los Cuadros 4, 6 y 8, en este contexto las cuatro variedades con mayor índice fueron V6(*Riric19*) con 15 unos, V2(*Riric 265-1*) y V10(*Riric1*) con 13 unos.

Cuadro 9. Índice de selección de las variedades de higuera en Montecillo siembra de abril, ciclo 1 abril-diciembre de 2013.

Variables	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
	<i>Riric269-3</i>	<i>Riric265-1</i>	<i>Riric67-6</i>	<i>Riric267-2</i>	<i>Riric10</i>	<i>Riric19</i>	<i>Riric29</i>	<i>Riric274</i>	<i>Riric273</i>	<i>Riric1</i>	<i>CP13</i>
AP								1			
DT	1	1	1	1		1		1		1	
NR	1	1	1	1		1	1		1		
NH	1	1	1	1		1	1		1		
ADS	1					1					
LDS	1	1	1	1			1	1	1	1	
ABS	1		1	1					1		
DF		1	1		1	1	1	1	1	1	
NRP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
LR											1
FR											1
DP		1			1	1				1	
DE		1	1	1	1	1		1		1	
PF		1	1	1	1	1		1		1	
LS		1			1	1				1	
AS		1			1	1				1	
GS					1	1				1	
VL		1	1		1	1				1	
RLA											1
PCS		1	1		1	1		1		1	
REN	1			1	1	1	1	1	1	1	
IS	8	13	11	9	11	15	6	9	7	13	3

AP= altura de planta, DT=diámetro de tallo, NR=número de ramas, NH=número de hojas, ADS= Ancho del dosel, LDS= longitud del dosel, ABS=área basal, DF=días a floración, NRP= número de racimos por planta, LR=longitud de racimo, FR=frutos por racimo, DP=diámetro polar de fruto, DE= diámetro ecuatorial de fruto, PF= peso de fruto, LS= longitud de semilla, AS=Ancho de semilla, GS=grosor de semilla, PS=peso de semilla, VL= volumen de semilla, RLA= relación largo/ancho, PCS=peso de 100 semillas, REN=rendimiento de semilla.

Análisis Multivariados

Análisis de componentes principales

De acuerdo al análisis de componentes principales, con los primeros dos componentes principales (CP) se explicó el 84 % de la variación total. Los valores propios de los componentes principales son para el CP1

es 14.03 relacionada con rendimiento: NRP, LR, FR, DP, DE, PF, LS, AS, GS y PCS, el valor para CP2 es de 4.36 relacionada con la morfología de la planta (Cuadro 10).

Cuadro 10. Valores propios del ACP de las variedades de higuera en Montecillo, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013.

CP	Autovalor	Diferencia	Proporción	Acumulada
1	13.168	8.929	0.627	0.627
2	4.239	2.912	0.202	0.829
3	1.326	0.342	0.063	0.892
4	0.983	0.453	0.047	0.939
5	0.530	0.241	0.025	0.964

Las variables que contribuyeron a la variación en el CP1 fueron **DT, NRP, LR, FR** variables relacionadas con el tamaño de fruto y semilla; en el CP2 fueron **NR, NH, LDS** y **ABS** variables relacionadas con la morfología de la planta como el número de hojas y ramas, longitud del dosel y área basal (Cuadro 11).

Cuadro 11. Vectores propios del ACP de las variedades de higuera en Montecillo, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013.

Variables	CP1	CP2	Variables	CP1	CP2
AP	0.168	0.195	DP	0.243	-0.217
DT	0.223	0.207	DE	0.253	-0.184
NR	0.159	0.329	PF	0.226	-0.257
NH	0.153	0.308	LS	0.234	-0.224
ADS	0.068	0.224	AS	0.261	-0.143
LDS	0.203	0.298	GS	0.263	-0.119
ABS	0.149	0.380	VL	0.257	-0.161
DF	-0.219	-0.038	RLA	-0.244	-0.121
NRP	0.233	0.108	PCS	0.257	-0.163
LR	-0.230	0.167	REN	0.159	0.293
FR	-0.260	0.078	-	-	-

AP= altura de planta, DT=diámetro de tallo, NR=número de ramas, NH=número de hojas, ADS= Ancho del dosel, LDS= longitud del dosel, ABS=área basal, DF=días a floración, NRP= número de racimos por planta, LR=longitud de racimo, FR=frutos por racimo, DP=diámetro polar de fruto, DE= diámetro ecuatorial de fruto, PF= peso de fruto, LS= longitud de semilla, AS=Ancho de semilla, GS=grosor de semilla, PS=peso de semilla, VL= volumen de semilla, RLA= relación largo/ancho, PCS=peso de 100 semillas, REN=rendimiento de semilla.

Las variedades que tuvieron las mayores frecuencias en los índices de selección: V6 (*Riric19*), V2 (*Riric265-1*) y V10 (*Riric1*) se conglomeraron en el grupo III del ACP con la diferencia que en las componentes principales las variables están confundidas y en los índices están explícitas, de cualquier forma de acuerdo con estos resultados ambos métodos se convalidan (Figura 3).

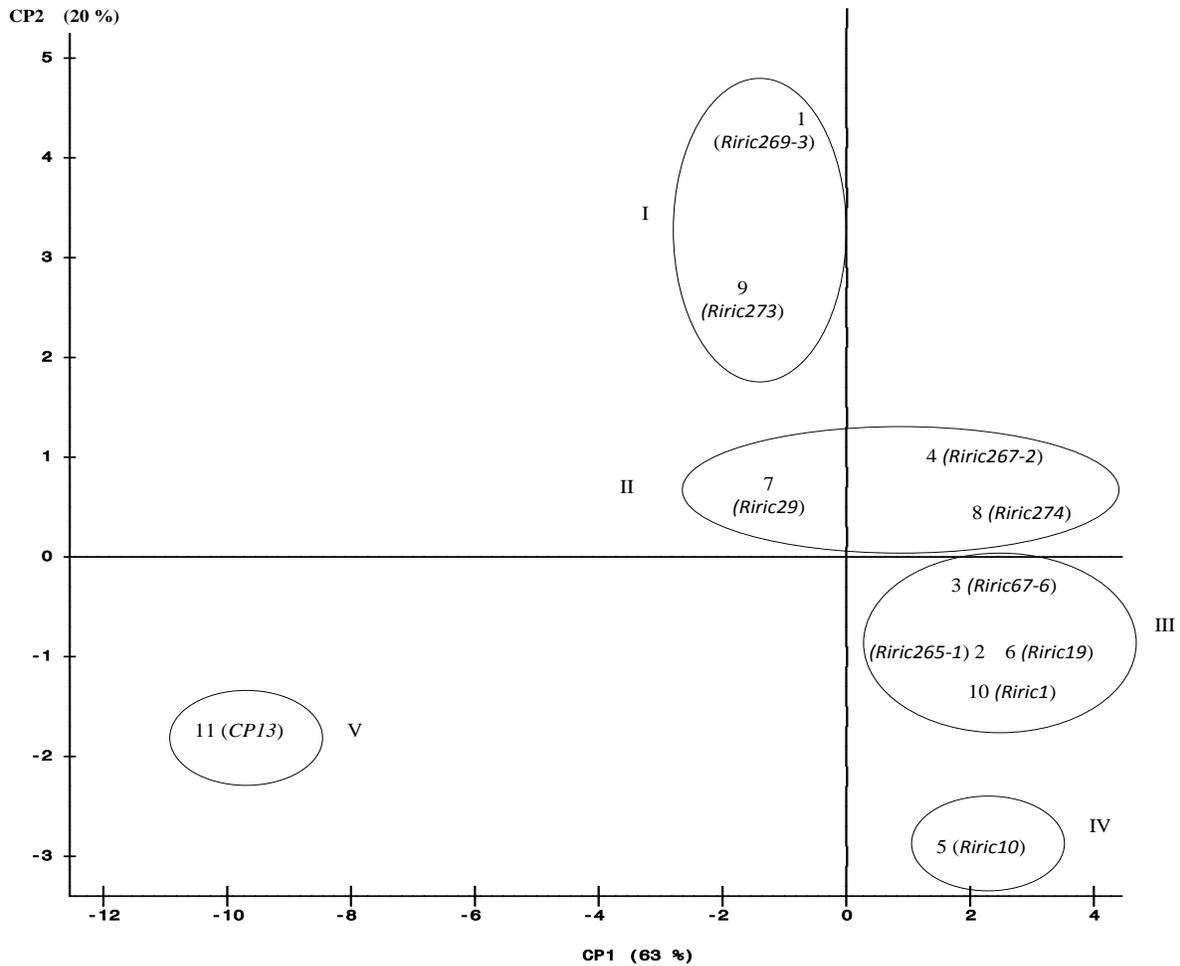


Figura 3. Distribución de las variedades de higuera en Montecillo: v1, v2, v3, v4, v5, v6, v7, v8, v9, v10 y v11, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013.

Conglomerados

Con el fin de distinguir como se vinculan los grupos que integran esta variación, se realizó el análisis de conglomerados, obteniéndose la Figura 4. En el dendograma queda reflejada la formación del conglomerado de las variedades 2 (*Riric265-1*), 3 (*Riric67-6*), 6 (*Riric 19*) y 10 (*Riric1*) en un corte al nivel 0.3. Se puede comprobar que la variedad *CP13* pertenece a una población diferente de acuerdo a un corte al nivel 1.0 y que las variedades mejoradas 1 a 10 guardan cierto vínculo o parentesco. Se esperaría que la V2 y V4 estuvieran más vinculadas con la V1 ya que son del mismo origen geográfico. Para definir otro nivel de agrupamiento con cuatro conglomerados se trazó otra línea a la distancia 0.75 marcada con rojo definiéndose un agrupamiento que abarca el parentesco de siete de las mejoradas (Cuadro 12).

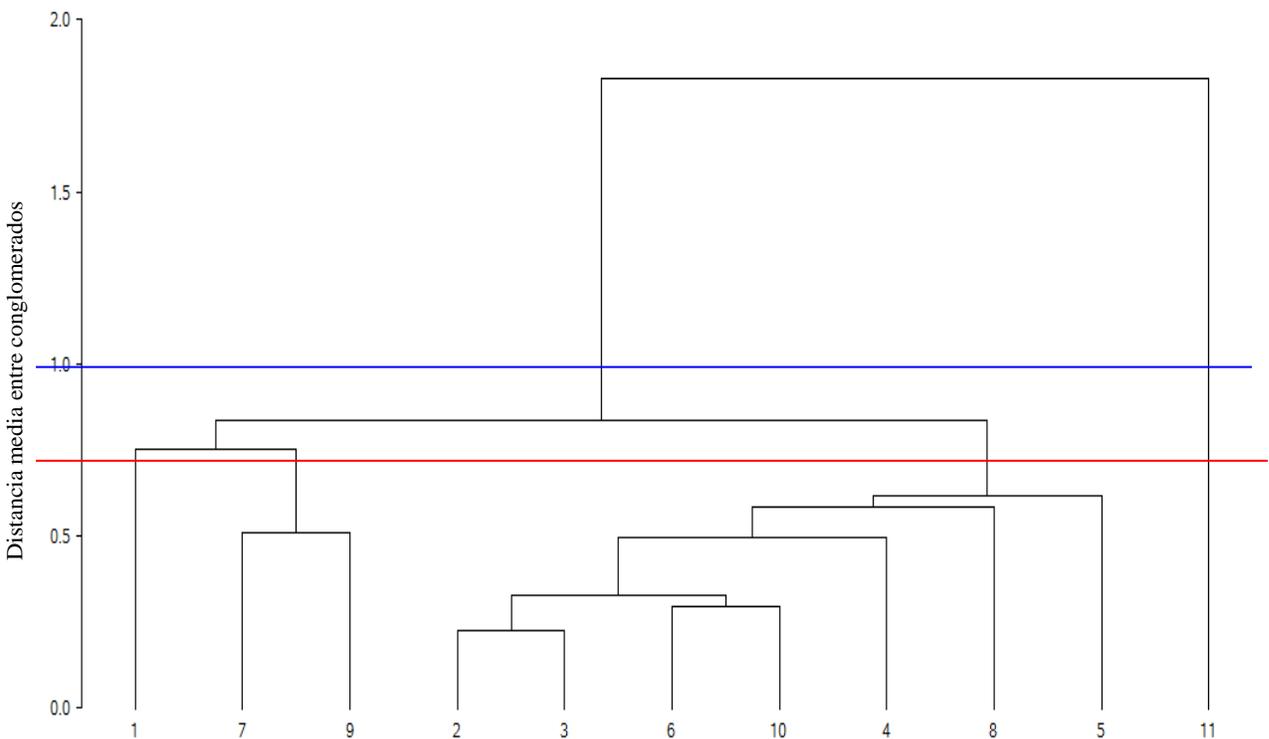


Figura 4. Dendrograma de conglomerados de las variedades de higuera en Montecillo siembra de abril, ciclo 1 abril-diciembre de 2013.

Cuadro 12. División de conglomerados de las variedades de higuera en Montecillo, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013.

Clúster	Observación
1	1 (<i>Riric269-3</i>)
2	7 (<i>Riric29</i>) y 9 (<i>Riric273</i>)
3	2 (<i>Riric265-1</i>), 3(<i>Riric67-6</i>), 4(<i>Riric267-2</i>) 5(<i>Riric10</i>), 6(<i>Riric19</i>), 8(<i>Riric274</i>) y 10(<i>Riric1</i>)
4	11 (<i>CP13</i>)

Correlaciones

Las variables que más se correlacionaron con REN fueron: AP ($r= 0.82$, $p<0.01$), NR ($r=0.70$, $p<0.05$), LDS ($r=0.74$, $p<0.05$) y NRP($r=0.79$, $p<0.01$), otras variables que también se correlacionaron positivamente fueron. NRP/PCS, DP/PCS, DE/PCS, PF/PCS, así como LS; AS y GS con el PCS.

Se encontraron correlaciones negativas en días a floración; DF/NRP ($r= -0.69$, $p<0.05$); DF/FR ($r=0.84$, $p<0.01$); DF/PF ($r=-0.50$, $p<0.05$); DF/ PCS ($r=-0.69$, $p<0.05$); DF/REN ($r=-0.54$, $p<0.05$), LR/PF ($r= -0.81$, $p<0.01$), LR/PCS ($r= -0.84$, $p<0.01$), FR/PF ($r= -0.83$, $p<0.01$) y FR/PCS ($r= -0.91$, $p<0.01$), lo que significa que a menos días a floración las características de racimos, frutos y semillas se incrementan, así mismo a menor longitud de racimo y menor número de frutos por racimo mayor es el peso de fruto y el peso de 100 semillas (Cuadro 13).

Cuadro 13. Coeficientes de correlación entre caracteres morfológicos de planta, racimos, frutos, semillas y el rendimiento de grano de higuera en Montecillo, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013.

	AP	DT	NR	NH	ADS	LDS	ABS	DF	NRP	LR	FR	DP	DE	PF	LS	AS	GS	VL	RLA	PCS	REN	
AP	1																					
DT	0.58	1																				
NR	0.51	0.70	1																			
NH	0.34	0.71	0.90	1																		
ADS	0.48	0.61	0.23	0.28	1																	
LDS	0.64	0.85	0.90	0.80	0.34	1																
ABS	0.52	0.87	0.81	0.83	0.58	0.90	1															
DF	-0.47	-0.55	-0.51	-0.46	-0.17	-0.67	-0.44	1														
NRP	0.79	0.75	0.47	0.47	0.37	0.69	0.60	-0.66	1													
LR	-0.31	-0.44	-0.30	-0.25	0.13	-0.44	-0.14	0.82	-0.63	1												
FR	-0.46	-0.64	-0.50	-0.44	-0.02	-0.65	-0.36	0.85	-0.72	0.95	1											
DP	0.39	0.53	0.21	0.23	0.03	0.36	0.13	-0.60	0.65	-0.83	-0.87	1										
DE	0.40	0.61	0.29	0.29	0.09	0.43	0.21	-0.65	0.67	-0.87	-0.92	0.98	1									
PF	0.28	0.48	0.14	0.17	0.01	0.26	0.05	-0.50	0.56	-0.81	-0.83	0.98	0.98	1								
LS	0.38	0.52	0.15	0.19	0.13	0.32	0.12	-0.57	0.61	-0.77	-0.82	0.99	0.96	0.97	1							
AS	0.45	0.67	0.34	0.36	0.12	0.51	0.30	-0.67	0.73	-0.85	-0.91	0.98	0.99	0.95	0.96	1						
GS	0.44	0.70	0.36	0.40	0.15	0.54	0.36	-0.70	0.75	-0.83	-0.91	0.96	0.97	0.92	0.95	0.99	1					
VL	0.44	0.65	0.30	0.31	0.16	0.47	0.26	-0.67	0.70	-0.84	-0.90	0.98	0.99	0.96	0.97	0.99	0.98	1				
RLA	-0.52	-0.80	-0.75	-0.68	-0.10	-0.85	-0.67	0.75	-0.78	0.75	0.85	-0.63	-0.71	-0.57	-0.55	-0.76	-0.78	-0.72	1			
PCS	0.46	0.62	0.30	0.28	0.14	0.47	0.24	-0.69	0.70	-0.85	-0.91	0.98	0.98	0.94	0.97	0.99	0.98	1.00	-0.72	1		
REN	0.82	0.56	0.69	0.62	0.29	0.74	0.65	-0.54	0.79	-0.28	-0.42	0.26	0.26	0.11	0.21	0.36	0.38	0.32	-0.65	0.34	1	

AP= altura de planta, DT=diámetro de tallo, NR=número de ramas, NH=número de hojas, ADS= Ancho del dosel, LDS= longitud del dosel, ABS=área basal, DF=días a floración, NRP= número de racimos por planta, LR=longitud de racimo, FR=frutos por racimo, DP=diámetro polar de fruto, DE= diámetro ecuatorial de fruto, PF= peso de fruto, LS= longitud de semilla, AS=Ancho de semilla, GS=grosor de semilla, PS=peso de semilla, VL= volumen de semilla, RLA= relación largo/ancho, PCS=peso de 100 semillas, REN=rendimiento de semilla.

CONCLUSIONES

Se encontró variabilidad en las variedades de higuera, en cuanto a las características morfológicas de planta así como en los rasgos de racimos, frutos y sobre todo el tamaño de semilla. Esto permitió diferenciar grupos, los cuales presentaron diferentes potenciales de producción, superando a la variedad no mejorada *CP13* utilizada como testigo. Al comparar las variedades mejoradas con la no mejorada incluida en este estudio, se infiere que DT, NR, NH, LDS, porte bajo y precocidad (DF) son las características de más énfasis en el mejoramiento. La no mejorada mostró mayor longitud de racimo y número de frutos por racimo que pueden agregarse a las mejoradas en esquemas de mejoramiento.

De acuerdo a los mejores índices de selección las variedades V2 (*Riric* 265-1) de Barranca Honda, Michoacán, V6 (*Riric*19) de Villa Corzo y V10 (*Riric*1) de Cacaohatán, Chiapas fueron las de mejor adaptación a las condiciones de siembra de abril en Montecillo Ciclo 1 (Apéndice 5). Los resultados han demostrado que las variedades mejoradas se adaptaron satisfactoriamente a las condiciones de Montecillo con rendimientos que van desde los 500 a 1106 g planta en los materiales de origen Chiapaneco y de 600 a 1102 g planta en las variedades de origen Michoacano en comparación con la no mejorada de Montecillo con rendimiento de 297 g planta.

En este ambiente hubo un severo ataque de *Fusarium sp.*, y *Pythium sp.*, al inicio de la plantación y al final del ciclo las heladas que sumado a un ataque de *Cercospora sp.*, *Fusarium sp.*, y *Botrytis sp.*, dañaron el cultivo y mermaron el rendimiento, por lo que surge la necesidad de generar información técnica y científica sobre métodos y fechas de siembra así como de variedades que sean resistentes al ataque de estas enfermedades. No obstante, de las heladas severas, se logró producción de semilla lo que sugiere la posibilidad de generar material mejorado adaptado a este nivel altitudinal.

Las variables que más correlacionan con la producción de grano son AP, NR, LDS y NRP. Se encontraron correlaciones negativas en días a floración, a menos días a floración las características de racimos, frutos y semillas se incrementan, así mismo con racimos más compactos mayor es el peso de fruto y el peso de 100 semillas. El método de índices de selección utilizado en este capítulo fue eficiente para precisar las mejores variedades e informa claramente las características que determinan el índice lo que permite dirigir mejor el mejoramiento y concordó con los agrupamientos determinados por componentes principales y con el de conglomerados. De acuerdo con los resultados obtenidos ambos métodos se convalidaron.

LITERATURA CITADA

Barrios G. E., Zamarripa C. A., Canul K. J., Hernández A. M., Alarcón y Chepetla C. V.H.. 2013. Evaluación de materiales élite de higuierilla en Morelos. *Ciencia y Tecnol. Agrop. México*. 1(2): 27-32.

Beltrão de M., N. E., Oliveira, M. I. P. de, Neto de B., J. F., Amorim C. M., M. L. de, Rocha do S., M., Silva a., W. da, Silva de F., F. V. y Silva de O., F. M. 2010. Comportamento de cultivares de mamoneira em diferentes altitudes. En: IV Congresso Brasileiro de Manoma e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas. *Memorias. Joao Pessoa, PB*, p. 1218 – 1223.

Egli, D.B., R.A. Wiralaga, and E.L. Ramseur. 1987. Variation in seed size in soybean. *Agronomy Journal* 79:463-467.

Fanan, S., P.F. Medina, and M.B.P. Camargo. 2009. Description of agronomic characteristics and harvest time evaluation in the yield of castor bean cultivar IAC 2028. *Bragantia* 68:415-422.

García E. (2005) *Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. 4a ed. UNAM. México, D.F. 217 p.

Hay, F.R., R.D. Smith, R.H. Ellis, and L.H. Butler. 2010. Developmental changes in the germinability, desiccation tolerance, hardseededness, and longevity of individual seeds of *Trifolium ambiguum*. *Annals of Botany* 105:1035-1052.

Kumar, P.V., Y.S. Ramakrishna, B.V.R. Rao, U.S. Victor, N.N. Srivastava, and A.V.M.S. Rao. 1997. Influence of moisture, thermal and photoperiodic regimes on the productivity of castor beans (*Ricinus communis* L.). *Agricultural and Forest Meteorology* 88: 279-289.

Machado, C.G., C.C. Martins, L.B. Silva, and S.C.C. Cruz. 2009. Production and physical characteristics of castor bean seeds affected by raceme and fruit position. *Acta Scientiarum. Agronomy* (31):293-299.

Martínez V. B. B., Hernandez C. M., Solís B. J. L., Zamarripa C. A. 2012. Calidad agroindustrial del aceite de higuera (*Ricinus communis* L.) para la producción de bioenergéticos en México. En: V Congreso Brasileiro de Mamona / II Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas & I Fórum Capixaba de Pinhão Manso, Guarapari (ES). P.2.

Mazzani, B. 1983. Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas. Caracas, Venezuela: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. p. 277-360.

Moshkin, V.A., and A.P. Alekseev. Ripening of seeds. In: V.A. Moshkin (ed.) 1986. Castor. New Delhi, Amerind.

Rajala, A., P. Mäkelä, S. Muurinen, and P. Peltonen-Sainio. 2009. Spring wheat response to timing of water deficit through sink and grain filling capacity. *Field Crops Research* 114:263-271.

Rzedowski, G. C. de & J. Rzedowski, 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.

Sadras, V.O., and G.A. Slafer. 2012. Environmental modulation of yield components in cereals: Heritabilities reveal a hierarchy of phenotypic plasticities. *Field Crops Research* 127:215-224.

Sarwar, G. and M. Boota-Chaudhry. 2008. Evaluation of castor (*Ricinus communis* L.) induced mutants for possible selection in the improvement of seed yield. *Span. J. Agric. Res.* 6 (4): 629-634.

Severino, L.S., 2012. Studies on yield components and seed physiology of castor (*Ricinus communis* L.). A dissertation in plant and soil science. Texas Tech University.

Soratto, R.P., G.D. Souza-Schlick, B.M.S. Giacomo, M.D. Zanotto, and A.M. Fernandes. 2011. Low-height castor bean row spacing and plant population for mechanical harvest. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 46:245-253.

Vibrans H. Modificado de Mondragón P. J. (2004) 2009. Malezas de México, Ficha *Ricinus communis*. www.conabio.gob.mx/malezasdemexico.

Weiss. E.A. 1983. *Oilseed Crops*. Longman, London, 660 p.

Zamarripa C. A., Solís B. J.L., Martínez V. B. B., Cotoc. B. J.C., 2010. Evaluación y selección de materiales elite de higuierilla (*Ricinus communis* L.), para la obtención de biocombustibles en México. En: Memoria V Reunión Nacional de Innovación Agrícola, INIFAP. pág. 245.

Zamarripa C. A., Solís B. J. L., Riegelhaupt E. M., Martínez V. B.B., Hernández C. M. 2012. Balance de emisiones de gases de efecto invernadero del cultivo de higuierilla en la producción de biodiesel en México. V Congresso Brasileiro de Mamona / II Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas & I Fórum Capixaba de Pinhão Manso, Guarapari (ES). P. 1.

CAPÍTULO II

VARIABLES DE CRECIMIENTO, RACIMOS, FRUTOS Y SEMILLAS DE HIGUERILLA

(*Ricinus communis* L) EN MONTECILLO, SIEMBRA DE ABRIL,

CICLO 2 ENERO-DICIEMBRE DE 2014

JOSÉ LUIS SOLÍS BONILLA, M.C.

COLEGIO DE POSTGRADUADOS, 2015

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estudiar el comportamiento de un grupo de variedades sembradas en Montecillo en abril de 2013, en un segundo ciclo que fue de enero a diciembre de 2014, determinando variables de crecimiento, reproductivas e índices de selección similares al primer ciclo. De acuerdo a los índices de selección y componentes principales las variedades mejoradas V2 (*Riric 265-1*) de Barranca Honda, Michoacán, V3 (*Riric67-6*) de Frontera Comalapa, Chiapas, V4 (*Riric267-2*) de Uruapan, Michoacán y V10 (*Riric1*) de Cacahoatán, Chiapas fueron las de mejor comportamiento (Apéndice 5) y los caracteres en los que más destacaron fueron 11 en V2, 11 en V3, 11 en V4 y 11 en V10 en tanto que la variedad *CP13* no mejorada sobresalió en porte alto (AP), longitud de racimo (LR) y frutos por racimo (FR). Las condiciones del Ciclo 2, fueron más favorables para el desarrollo y producción de la higuierilla ya que se trató de un año con buena lluvia que se extendió hasta diciembre, ocurrencia de heladas moderadas mismas que se retrasaron hasta noviembre y diciembre por otra parte la floración ocurrió entre 50 y 60 días después de la brotación de las plantas una vez que paso el periodo de heladas lo que ahorró energía y tiempo que la planta gasta para establecerse.

Palabras claves: índices de selección, componentes principales, bianual.

INTRODUCCIÓN

El ciclo de la higuera es anual y ocasionalmente bianual en las regiones tropicales. Los cultivares anuales tienen un ciclo promedio de 150 días y las precoces de 120 a 130 días. Por otro lado, las variedades de ciclo largo (180-210 días) están más ajustadas a las regiones tropicales y muestran una mayor tolerancia al estrés biótico y abiótico (Azevedo y Lima, 2001). Los mismos autores, mencionan que la higuera es una planta de día largo con metabolismo fotosintético C3 creciendo y desarrollándose bien en días de no menos de 12 horas. Requiere de moderada a alta temperatura del aire, entre 20 y 26 ° C, bajo contenido de humedad a lo largo de su ciclo de vida. Según Amorim *et al.*, (2001), precipitaciones de 700 mm proporcionan rendimientos superiores de 1,5 t ha⁻¹ de grano, logrando llegar hasta las 5 t ha⁻¹. El cultivo de higuera ha sido recomendado para altitudes no mayores a los 1.500 m.s.n.m., dado que, ambientes fríos (<14°C) afectan su desempeño al igual que temperaturas superiores a los 41°. No obstante, existe evidencia que en Colombia la higuera, se ha podido adaptar a ambientes extremos, por encima y por debajo de los límites anteriormente indicados, sin que su comportamiento fisiológico y productivo sea afectado (Navas, 2009). Además de generar y disponer de genotipos mejorados de higuera, se hace indispensable conocer el desempeño vegetativo y productivo, cuando éstos son sometidos a diferentes condiciones agro ambientales, ya que según Santos *et al.*, (2003), la respuesta fisiológica de la planta está directamente relacionada con el genotipo y su interacción con los factores del ambiente, los cuales, dependen de la oferta energética (radiación solar y temperatura) y de precipitación, que caracteriza los diferentes agroecosistemas donde se desarrolla el cultivo. El objetivo de este trabajo fue estudiar el comportamiento de un grupo de variedades de higuera sembradas en Montecillo en abril de 2013 en un segundo ciclo que fue de enero a diciembre de 2014.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información referente a la localización, las condiciones climáticas de la localidad, tipo de suelo, variedades en estudio y del establecimiento del experimento se señalan en el apartado “Materiales y Métodos” del capítulo I.

La distribución pluvial durante la estación de crecimiento del cultivo ocurrió de marzo a diciembre con régimen bimodal, con sequía intraestival (SI) en el mes de agosto. La precipitación durante la estación de crecimiento del experimento fue de 858 mm (Figura 1), 34 % arriba del promedio. Se presentaron heladas moderadas y retrasadas a finales de noviembre y a mediados de diciembre, en la fase final del ciclo. (Figura 2). En resumen fue lo que el productor llama un año bueno.

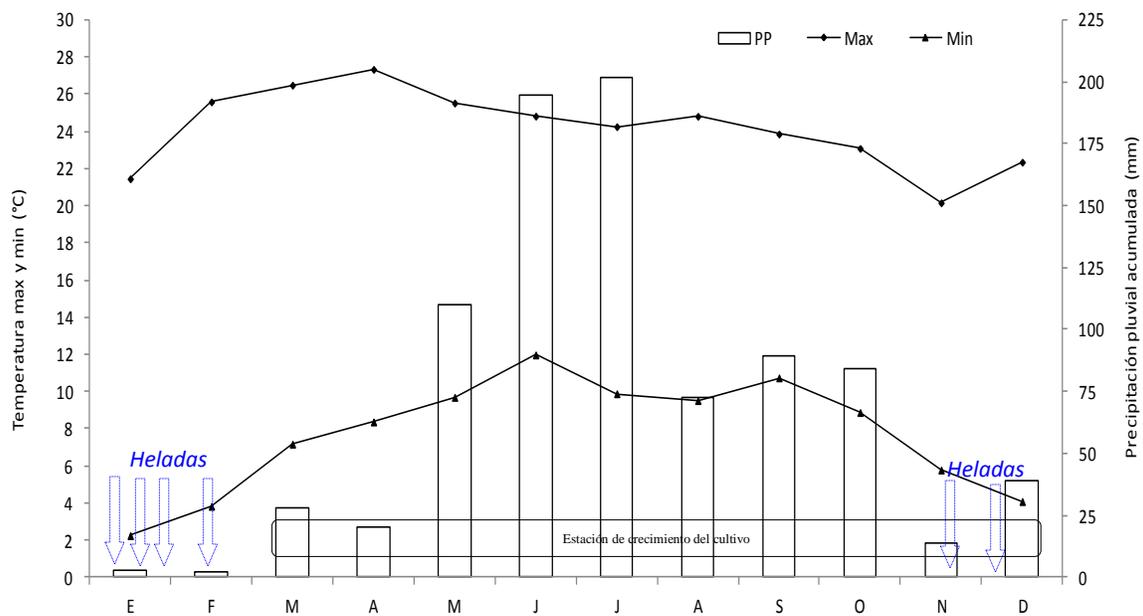


Figura 1. Precipitación durante el experimento en Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014.

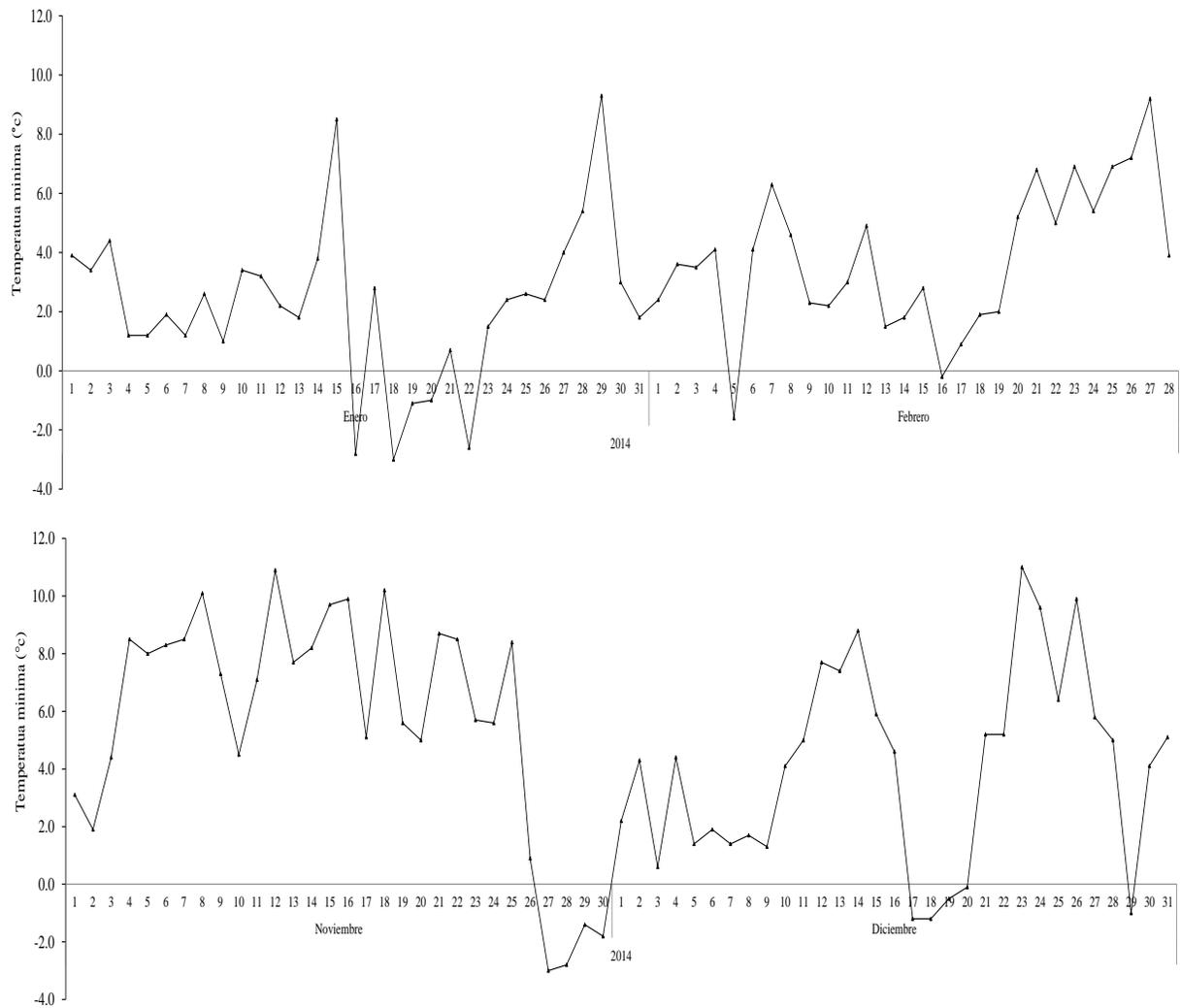


Figura 2. Ocurrencia de heladas durante el experimento en Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014.

La información referente a las variables, el diseño estadístico, modelos y análisis empleados así como programa utilizado se señalan en el apartado “Materiales y Métodos” del capítulo I.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis factorial con fechas y variedades

Se detectó significancia en repeticiones, fechas y variedades en las seis características de planta evaluadas, la interacción variedades x fechas fue significativa solo para el rasgo altura de planta. (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia de características morfológicas de la planta en Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014

FV	GL	AP	NR	NH	ADS	LDS	ABS
Repeticiones	3	9024.2**	66.89**	4267.5**	57812.1**	53889.0**	287.02**
Fechas	4	53487.5**	196.6**	352582.9**	96067.6**	78205.3**	525.1**
Error a	12	3265.0	0.21	2242.9	4029.2	2023.1	15.8
Variedades	10	22005.3**	107.2**	4456.9**	53572.4**	29843.4**	136.9**
Var x Fech	40	2275.4**	1.74ns	744.1ns	1763.8ns	758.1ns	6.65ns
Error b	72	0.00	1.57	1519.1	1593.7	1257.9	12.81
CV		7.35	15.43	30.04	17.92	13.41	24.70
R ²		0.92	0.76	0.95	0.81	0.86	0.89

*FV=fuente de variación, GL= grados de libertad, AP= altura de planta, NR=número de ramas, NH=número de hojas, ADS= Ancho del dosel, LDS= longitud del dosel, ABS=área basal, ** Diferencias significativas a 0.01 de probabilidad, *Diferencias significativas a 0.05 de probabilidad, ns=no significativo*

Comparación de medias de variedades de características morfológicas de planta

Esta comparación se ilustra en el Cuadro 2, en la columna de cada variable las variedades con la letra “a” son las estadísticamente iguales y superiores. De la misma forma que en el Capítulo 1, se elaboró un índice de selección en el que intervinieron todas las variables de respuesta. Acorde a esto, las variedades con la mayor frecuencia de “aes” fueron la 1 (*Riric269-3*) y 4 (*Riric267-2*) con valores de 3 y 5, respectivamente. Se marcó en negritas cada “a” en la columna de cada rasgo, lo que permite apreciar la frecuencia por característica. Conforme a lo anterior la baja frecuencia de “aes” en AP, indica que la selección se ha orientado a plantas de altura reducidas, se puede apreciar que en el ciclo 2 la mayor altura de planta es característica de la variedad no mejorada *CP13*.

Cuadro 2. Comparación de medias de las características morfológicas de planta e índice de selección de las variedades de higuera en Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014.

Variedades	AP (cm)	NR	NH	ADS (cm)	LDS (cm)	ABS (m ²)	IS
1	332.7 b	19.6 abc	66.9 bcd	437.1 a	371.5 bc	15.9 ab	3
2	293.9 def	19.2 bcd	82.8 bc	389.1 bc	356.1 c	14.3 bcd	0
3	325.2 bc	18.3 cde	89.0 b	392.7 bc	398.2 ab	15.9 ab	2
4	278.9 ef	20.6 ab	111.6 a	417.1 ab	402.6 a	17.8 a	5
5	306.7 bcde	17.5 e	74.4 bcd	314.1 ef	382.1 abc	12.7 cde	1
6	278.3 ef	17.8 de	68.8 bcd	337.5 de	294.6 d	10.3 f	0
7	300.3 cdef	20.9 a	88.6 b	321.3 ef	366.6 c	12.4 def	1
8	312.6 bcd	15.5 f	65.9 cd	293.6 f	323.4 d	10.6 ef	0
9	276.2 f	18.6 cde	60.8 d	316.1 ef	353.0 c	11.7 ef	0
10	300.9 cdef	15.7 f	78.7 bcd	369.7 de	358.1 c	14.4 bcd	0
11	384.1 a	15.1 f	85.2 bc	408.9 abc	318.8 d	14.8 bc	2
Media	308.2	18.1	79.3	363.4	356.8	13.7	-
+ Frec-pc	1	3	1	3	3	3	-

AP= altura de planta (cm), NR=número de ramas, NH=número de hojas, ADS= Ancho del dosel (cm), LDS= longitud del dosel (cm), ABS=área basal (m²), IS=índice de selección (frecuencia de "aes" por variedad), + frecuencia de "aes" por característica. Promedios con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales Duncan ($P \leq 0.05$).

Características de racimos y frutos

El análisis de varianza para las variables de una sola lectura se sintetiza en el Cuadro 3, donde se observa significancia en repeticiones en las variables de días a floración, número de racimos por planta, frutos por racimos y peso de fruto. Para variedades se detectó significancia para seis características, y no se observó para el número de racimos por planta (NRP).

Cuadro 3. Cuadrados medios y significancia de las características de racimos y frutos en Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre 2014.

FV	GL	DF	NRP	LR	FR	DP	DE	PF
Repeticiones	3	105.6**	9.57*	0.09ns	1.50*	0.007ns	0.006ns	0.28*
Variedades	10	88.0**	3.66ns	3.00**	8.82**	0.072**	0.084**	1.25**
CV		7.5	22.63	9.29	16.88	3.64	3.61	9.55
R ²		0.82	0.75	0.82	0.81	0.80	0.82	0.76

*FV=fuente de variación, GL= grados de libertad, DF=días a floración, NRP= número de racimos por planta, LR=longitud de racimo, FR=frutos por racimo, DP=diámetro polar de fruto, DE= diámetro ecuatorial de fruto, PF= peso de fruto, **Diferencias significativas a 0.01 de probabilidad, *diferencias significativas a 0.05 de probabilidad ns = no significativo*

Comparación de medias de variedades de las características de racimos y frutos e índice de selección

Al igual que el inciso anterior, se elaboró un índice de selección en el que intervinieron todas las variables de respuesta con significancia, según se indica en la página 36, en el caso particular de la variable días a floración se les asignó el “1” a las que tienen letra “d”. Se detectaron a las variedades 2(*Riric265-1*), 3(*Riric676*), 6(*Riric19*), 8(*Riric274*) y 10(*Riric1*) con índices de selección de 5 (Cuadro 4), estos resultados difieren en cierta medida a los obtenidos en el ciclo 1. Las variedades de higuera tuvieron mayor precocidad en el segundo ciclo productivo. Presentaron mayor número de racimos por planta, las características largo de racimo y frutos por racimo se redujeron sin embargo al presentar menor número de frutos por racimos el peso de semilla se incrementó, la producción de grano se balanceó con el incremento en el NRP. Las condiciones ambientales en A2 como se expuso anteriormente fueron bastante favorables lo que afectó de manera positiva el rendimiento agronómico, así como las características de racimos y frutos. La variedad no mejorada *CP13* al igual que en el ciclo 1 mostro la mayor longitud de racimo y número de frutos por racimo.

Cuadro 4. Comparación de medias de las características de racimos y frutos de las variedades de higuera e IS en Montecillo, siembra de abril, ciclo 2 enero-diciembre de 2014.

Var	DF (dds)	NRP	LR (cm)	FR	DP (cm)	DE (cm)	PF (g)	IS
1	59 ab	36.88 <u>ab</u>	26.24 b	32.40 b	2.67 b	2.82 b	7.31 cd	1
2	54 <u>bcd</u>	47.5 <u>ab</u>	12.58 de	11.07 c	3.14 <u>a</u>	3.33 <u>a</u>	12.52 <u>a</u>	5
3	53 <u>cd</u>	56.5 <u>ab</u>	15.85 cde	12.54 c	3.07 <u>a</u>	3.29 <u>a</u>	11.66 <u>a</u>	5
4	60 a	57.5 <u>ab</u>	16.50 cd	13.60 c	2.92 <u>ab</u>	3.13 <u>ab</u>	10.58 <u>ab</u>	4
5	58 abc	38.5 <u>ab</u>	12.95 cde	10.75 c	3.10 <u>a</u>	3.26 <u>a</u>	10.90 <u>ab</u>	4
6	52 <u>cd</u>	35.0 <u>ab</u>	12.84 cde	9.62 c	3.17 <u>a</u>	3.38 <u>a</u>	12.00 <u>a</u>	5
7	51 <u>d</u>	31.17 <u>ab</u>	17.97 c	17.78 c	2.74 b	2.87 b	8.18 bcd	2
8	50 <u>d</u>	65.33 <u>a</u>	12.18 de	10.79 c	2.85 <u>ab</u>	3.06 <u>ab</u>	9.81 <u>abc</u>	5
9	51 <u>d</u>	49.5 <u>ab</u>	14.65 cde	15.15 c	2.25 c	2.49 c	6.08 d	2
10	50 <u>d</u>	58.5 <u>ab</u>	11.09 e	10.39 c	3.11 <u>a</u>	3.25 <u>a</u>	11.69 <u>a</u>	5
11	60 a	24.0 b	33.85 <u>a</u>	58.69 <u>a</u>	1.82 d	1.83 d	3.06 e	2
Media	54	45.49	16.97	18.43	2.80	2.97	9.44	-
+Frec-pc	7	10	1	1	7	7	7	-

DF=días a floración, NRP= número de racimos por planta, LR=longitud de racimo (cm), FR=frutos por racimo, DP=diámetro polar de fruto (cm), DE= diámetro ecuatorial de fruto (cm), PF= peso de fruto (g), IS=índice de selección. +frecuencia de "aes" por característica. Promedios con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales Duncan ($P \leq 0.05$).

Características de semilla

Hubo significancia en repeticiones en las variables longitud de semilla (LS), grosor de semilla (GS) y rendimiento y (REN). Para variedades se detectó significancia para los seis caracteres de semillas evaluados (Cuadro 5)

Cuadro 5. Cuadrados medios y significancia de las características de semilla y rendimiento de grano en Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014.

FV	GL	LS	AS	GS	VL	RLA	PCS	REN
Repeticiones	3	0.003*	0.001ns	0.001*	0.029ns	0.0001ns	0.36ns	422.22*
Variedades	10	0.044**	0.056**	0.017**	0.202**	0.008**	11.95**	92.02ns
CV		2.33	2.34	1.94	13.43	0.71	5.10	19.60
R ²		0.90	0.94	0.92	0.74	0.96	0.92	0.82

FV=fuente de variación, GL= grados de libertad, LS= longitud de semilla, AS=Ancho de semilla, GS=grosor de semilla, VL= volumen de semilla, RLA= relación largo/ancho, PCS=peso de 100 semillas, REN=rendimiento de semillas, **Diferencias significativas a 0.01 de probabilidad, *diferencias significativas a 0.05 de probabilidad, ns = no significativo

Comparación de medias de variedades de las características de semilla e índice de selección

De acuerdo a la frecuencia de “aes” por variedad, las variedades con el mejor índice fueron la 2 (*Riric265-1*), 5 (*Riric10*), 6 (*Riric19*) y 10 (*Riric1*) con valores de 6 (Cuadro 6). Los resultados obtenidos para la variable peso de 100 semillas muestran una amplitud en las medias que nos da una idea de la variabilidad que existe entre estas variedades, de la misma forma, la mayor frecuencia en esta variable refleja un rasgo de mayor énfasis en la selección. En comparación al primer ciclo, las características largo, grosor y PCS se vieron favorecidos por las condiciones ambientales en A2.

Cuadro 6. Comparación de medias de las características de semilla e IS de las variedades de higuierilla en Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014.

Var	LS (cm)	AS (cm)	GS (cm)	VL (ml)	RLA	PCS (g)	REN (g p ⁻¹)	IS
1	1.54 e	1.18 de	0.73 de	0.57 d	1.30 cd	58.46 bc	1478 a	1
2	1.92 abc	1.49 abc	0.85 abc	0.99 a	1.29 cde	99.33 a	1324 ab	6
3	1.87 bc	1.47 abc	0.84 bc	0.99 a	1.27 e	97.03 ab	1847 ab	4
4	1.86 c	1.45 bc	0.83 bc	0.86 b	1.28 cde	88.42 ab	1906 a	2
5	1.93 abc	1.51 ab	0.86 abc	0.89 ab	1.28 de	85.34 b	1224 ab	5
6	2.02 a	1.55 a	0.89 a	0.98 a	1.31 c	100.17 ab	960 b	5
7	1.69 d	1.24 d	0.76 d	0.73 c	1.36 b	74.83 bc	1085 ab	1
8	1.82 c	1.40 c	0.81 c	0.89 ab	1.30 cd	88.11 ab	1862 ab	3
9	1.45 e	1.14 e	0.71 e	0.46 e	1.27 e	51.50 bc	1262 ab	1
10	1.99 ab	1.52 ab	0.87 ab	1.01 a	1.31 c	99.17 ab	1409 ab	6
11	1.25 f	0.76 f	0.54 f	0.25 f	1.65 a	23.83 c	961 b	1
Media	1.76	1.34	0.79	0.78	1.33	78.74	1392.64	-
⁺ Frec-pc	4	5	4	6	1	6	11	-

LS= longitud de semilla (cm), AS=Ancho de semilla (cm), GS=grosor de semilla (cm), VL= volumen de semilla (ml), RLA= relación largo/ancho, PCS=peso de 100 semillas (g), REN=rendimiento de semillas (g p⁻¹), IS=índice de selección, ⁺frecuencia de “aes” por características. Promedios con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales Duncan (P≤0.05).

En el Cuadro 7, se presenta el índice de selección considerando todas las variables del estudio (IS), obtenido de sumar los índices parciales de los Cuadros 4, 6 y 8, en este contexto las variedades con mayor índice fueron V2 (*Riric 265-1*), V3 (*Riric67-6*), V4 (*Riric267-2*) y V10 (*Riric1*) con 11 unos, así como V5 (*Riric10*) y V6 (*Riric19*) con 10 unos.

Cuadro 7. Índice de selección de las variedades de higuera en Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014.

Variables	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
	Riric269-3	Riric265-1	Riric67-6	Riric267-2	Riric10	Riric19	Riric29	Riric274	Riric273	Riric1	CP13
AP											1
NR	1			1			1				
NH				1							
ADS	1			1							1
LDS			1	1	1						
ABS	1		1	1							
DF		1	1			1	1	1	1	1	
NRP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
LR											1
FR											1
DP		1	1	1	1	1		1		1	
DE		1	1	1	1	1		1		1	
PF		1	1	1	1	1		1		1	
LS		1			1	1				1	
AS		1	1		1	1				1	
GS		1			1	1				1	
VL		1	1		1	1		1		1	
RLA											1
PCS		1	1	1		1		1		1	
REN	1	1	1	1	1		1	1	1	1	
IS	5	11	11	11	10	10	4	8	3	11	5

AP= altura de planta, NR=número de ramas, NH=número de hojas, ADS= Ancho del dosel, LDS= longitud del dosel, ABS=área basal, DF=días a floración, NRP= número de racimos por planta, LR=longitud de racimo, FR=frutos por racimo, DP=diámetro polar de fruto, DE= diámetro ecuatorial de fruto, PF= peso de fruto, LS= longitud de semilla, AS=Ancho de semilla, GS=grosor de semilla, PS=peso de semilla, VL= volumen de semilla, RLA= relación largo/ancho, PCS=peso de 100 semillas, REN=rendimiento de semilla.

Análisis multivariados

Análisis de componentes principales

De acuerdo al análisis de componentes principales, con los primeros tres componentes principales (CP) se explicó el 84 % de la variación total. Los valores propios de los componentes principales para el CP1 es 11.34 relacionada con rendimiento: DP, DE, PF, LS, AS, GS y PCS, el valor para CP2 es de 3.82 y para el CP3 de 1.56 relacionadas con la morfología de la planta (Cuadro 8).

Cuadro 8. Valores propios del ACP de las variedades de higuera en Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014.

CP	Autovalor	Diferencia	Proporción	Acumulada
1	11.342	7.517	0.567	0.567
2	3.824	2.260	0.191	0.758
3	1.563	0.134	0.078	0.836
4	1.428	0.792	0.071	0.908
5	0.636	0.177	0.032	0.940

Las variables que contribuyeron a la variación en el CP1 fueron **LR, FR, DP, DE, PF, y PCS**; en el CP2 fueron **NR, NH, ADS, LDS, ABS y DF** variables relacionadas con la morfología de la planta como el número de hojas y ramas, longitud del dosel y área basal; en el CP3 fueron el **NRP y REN** (Cuadro 9).

Cuadro 9. Vectores propios del ACP de las variedades de higuera en Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014.

Variabes	CP1	CP2	CP3	Variabes	CP1	CP2	CP3
AP	-0.224	0.074	0.215	DP	0.280	0.053	0.216
NR	0.068	0.243	-0.168	DE	0.287	0.045	0.146
NH	0.016	0.395	0.124	PF	0.283	0.053	0.212
ADS	-0.090	0.408	0.198	LS	0.279	0.007	0.244
LDS	0.077	0.396	-0.284	AS	0.291	0.019	0.113
ABS	-0.042	0.492	0.005	GS	0.291	0.004	0.118
DF	-0.141	0.332	0.194	VL	0.282	0.031	0.194
NRP	0.188	0.064	-0.405	RLA	-0.253	-0.031	0.303
LR	-0.275	0.142	0.117	PCS	0.254	0.045	0.234
FR	-0.286	0.073	0.153	REN	0.142	0.249	-0.409

AP= altura de planta, NR=número de ramas, NH=número de hojas, ADS= Ancho del dosel, LDS= longitud del dosel, ABS=área basal, DF=días a floración, NRP= número de racimos por planta, LR=longitud de racimo, FR=frutos por racimo, DP=diámetro polar de fruto, DE= diámetro ecuatorial de fruto, PF= peso de fruto, LS= longitud de semilla, AS=Ancho de semilla, GS=grosor de semilla, PS=peso de semilla, VL= volumen de semilla, RLA= relación largo/ancho, PCS=peso de 100 semillas, REN=rendimiento de semilla.

Las variedades que tuvieron las mayores frecuencias en los índices de selección: V2 (*Riric 265-1*) de Barranca Honda, Michoacán, V3 (*Riric67-6*) de Frontera Comalapa, Chiapas, V4 (*Riric267-2*) de Uruapan, Michoacán y V10 (*Riric1*) de Cacahoatán, Chiapas se conglomeraron en el grupo II y III, respectivamente, del ACP con la diferencia que en las componentes principales las variables están confundidas y en los índices están explícitas. (Figura 3)

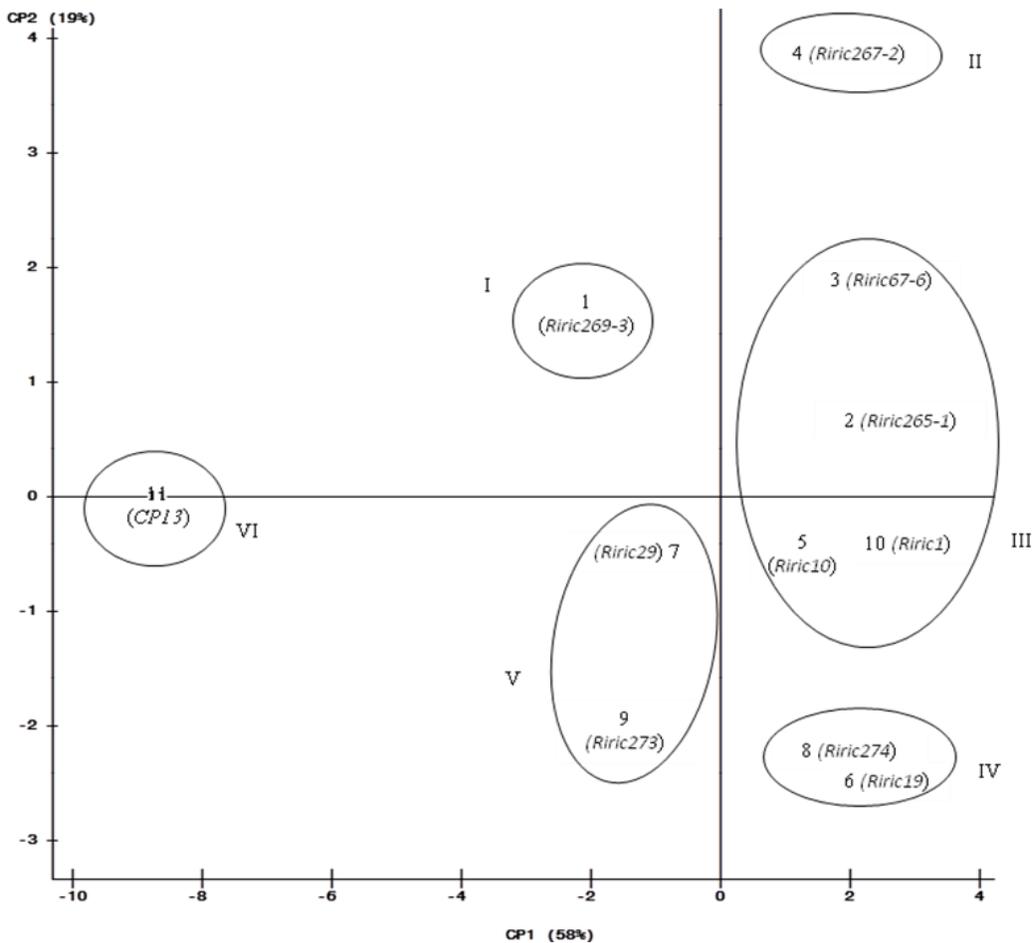


Figura 3. Distribución de las 11 variedades de higuera en Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero diciembre de 2014: v1, v2, v3, v4, v5, v6, v7, v8, v9, v10 y v1.

Conglomerados

Para distinguir como se vinculan los grupos que integran esta variación, se realizó el análisis de conglomerados, obteniéndose la Figura 4. En el dendograma queda reflejada la formación del conglomerado de las variedades 2 (*Riric265-1*), 10 (*Riric1*) y 3 (*Riric67-6*) en un corte al nivel 0.3. Se puede comprobar que la variedad *CPI3* pertenece a una población diferente de acuerdo a un corte al nivel 1.0 y que las variedades mejoradas 1 a 10 guardan cierto vínculo o parentesco. Se obtuvo la distribución que se enlista en el Cuadro 10. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el ciclo 1.

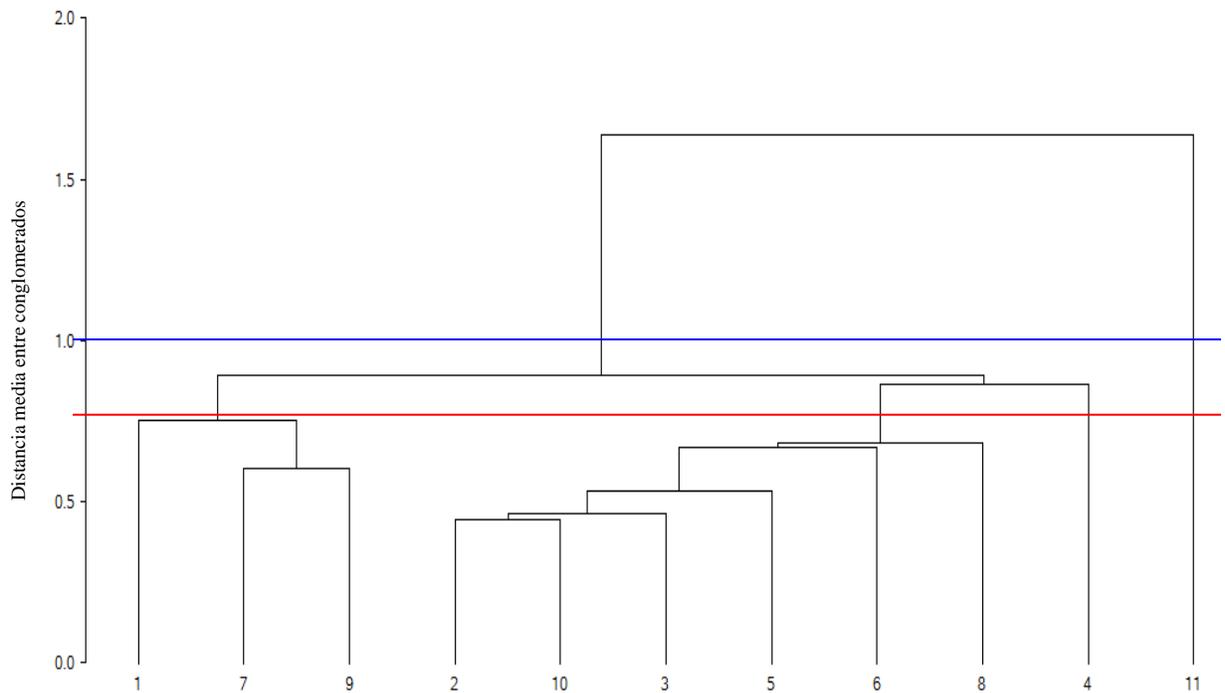


Figura 4. Dendograma de conglomerados de las 11 variedades de higuera en Montecillo siembra de abril, ciclo 2 enero-diciembre 2014.

Cuadro 10. División de conglomerados de 11 variedades de higuera en Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014.

Clúster	Observación
1	1 (<i>Riric269-3</i>), 7 (<i>Riric29</i>) y 9 (<i>Riric273</i>)
2	2 (<i>Riric265-1</i>), 3 (<i>Riric67-6</i>), 5 (<i>Riric10</i>), 6 (<i>Riric19</i>), 8 (<i>Riric274</i>) y 10 (<i>Riric1</i>)
3	4 (<i>Riric267-2</i>)
4	11 (<i>CP13</i>)

Correlaciones

Las variables que más se correlacionaron con REN fueron: LDS($r= 0.56$, $p>0.05$) y NRP($r=0.85$, $p<0.01$), otras variables que también se correlacionaron positivamente fueron PF/PCS ($r=0.91$, $p<0.01$), LR/FR ($r=0.93$, $p<0.01$), DF/LR($r=0.64$, $p>0.05$), DF/FR($r=0.85$, $p>0.05$).

Se encontraron correlaciones negativas en AP/PCS($r=-0.54$, $p>0.05$), LR/PCS ($r=-0.74$, $p<0.01$), FR/PF ($r=-0.84$, $p<0.01$) y FR/PCS ($r=-0.74$, $p<0.01$), lo que significa que a menor altura de planta el peso de 100 semillas es mayor, así mismo a menor longitud de racimo y menor número de frutos por racimo mayor es el peso de fruto y el peso de 100 semillas (Cuadro 11).

Cuadro 11. Coeficientes de correlación entre caracteres morfológicos de planta, racimos, frutos, semillas y el rendimiento de grano de higuera en Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014.

	AP	NR	NH	ADS	LDS	ABS	DF	NRP	LR	FR	DP	DE	PF	LS	AS	GS	VL	RLA	PCS	REN
AP	1																			
NR	-0.48	1																		
NH	0.02	0.38	1																	
ADS	0.40	0.21	0.48	1																
LDS	-0.14	0.56	0.54	0.33	1															
ABS	0.28	0.31	0.71	0.88	0.70	1														
DF	0.45	0.16	0.41	0.66	0.30	0.64	1													
NRP	-0.42	-0.10	0.08	-0.13	0.31	0.10	-0.40	1												
LR	0.82	-0.08	0.13	0.57	-0.10	0.39	0.65	-0.64	1											
FR	0.85	-0.26	0.05	0.48	-0.24	0.29	0.58	-0.63	0.97	1										
DP	-0.58	0.22	0.11	-0.14	0.26	-0.04	-0.30	0.44	-0.78	-0.83	1									
DE	-0.64	0.25	0.08	-0.17	0.27	-0.06	-0.34	0.50	-0.82	-0.88	0.99	1								
PF	-0.60	0.16	0.16	-0.12	0.22	-0.02	-0.33	0.52	-0.82	-0.84	0.98	0.98	1							
LS	-0.60	0.08	0.14	-0.22	0.15	-0.11	-0.35	0.48	-0.83	-0.84	0.97	0.96	0.98	1						
AS	-0.69	0.17	0.08	-0.24	0.24	-0.10	-0.36	0.56	-0.88	-0.91	0.97	0.99	0.98	0.98	1					
GS	-0.71	0.20	0.05	-0.25	0.22	-0.13	-0.39	0.53	-0.88	-0.92	0.98	0.99	0.97	0.98	1.00	1				
VL	-0.55	0.10	0.17	-0.19	0.20	-0.07	-0.40	0.56	-0.82	-0.84	0.97	0.97	0.99	0.98	0.97	0.96	1			
RLA	0.79	-0.44	0.14	0.25	-0.43	0.08	0.37	-0.62	0.80	0.89	-0.74	-0.80	-0.71	-0.66	-0.80	-0.81	-0.68	1		
PCS	-0.55	0.21	0.16	-0.07	0.14	-0.02	-0.34	0.46	-0.74	-0.74	0.86	0.86	0.92	0.85	0.84	0.83	0.89	-0.60	1	
REN	-0.20	0.15	0.29	0.15	0.56	0.41	-0.04	0.85	-0.34	-0.43	0.38	0.42	0.40	0.33	0.43	0.39	0.43	-0.56	0.30	1

AP= altura de planta, NR=número de ramas, NH=número de hojas, ADS= Ancho del dosel, LDS= longitud del dosel, ABS=área basal, DF=días a floración, NRP= número de racimos por planta, LR=longitud de racimo, FR=frutos por racimo, DP=diámetro polar de fruto, DE= diámetro ecuatorial de fruto, PF= peso de fruto, LS= longitud de semilla, AS=Ancho de semilla, GS=grosor de semilla, PS=peso de semilla, VL= volumen de semilla, RLA= relación largo/ancho, PCS=peso de 100 semillas, REN=rendimiento de semilla

CONCLUSIONES

Las variedades sobresalientes en A2 fueron V2 (*Riric* 265-1) de Barranca Honda, Michoacán, V3 (*Riric*67-6) de Frontera Comalapa, Chiapas, V4 (*Riric*267-2) de Uruapan, Michoacán y V10 (*Riric*1) de Cacahoatán, Chiapas (Apéndice 5) dos de ellas diferentes a las de A1 fueron las de mejor adaptación a las condiciones del segundo ciclo de la siembra de abril en Montecillo. Las variables que más correlacionan con la producción de grano son LDS y NRP. Se encontraron correlaciones negativas así a menor longitud de racimo y menor número de frutos por racimo mayor es el peso de fruto y el peso de 100 semillas.

Las condiciones del ciclo dos fueron más favorables para el desarrollo y producción de la higuera ya que se trató de un año con buena lluvia que se extendió hasta diciembre, ocurrencia de heladas moderadas mismas que se retrasaron hasta noviembre y diciembre; por otra parte la floración ocurrió entre 50 y 60 días después de la brotación de las plantas una vez que paso el periodo de heladas lo que ahorró energía y tiempo que la planta gasta para establecerse. En el ciclo 1 los días a floración variaron de 99 a 140 días, hubo problemas fitosanitarios en el establecimiento del cultivo y el desarrollo fue lento y al final hubo heladas que acotaron la maduración; lo cual no ocurrió en el ciclo 2, consecuentemente las características tuvieron mejor expresión en el ciclo 2 y más variedades resultaron sobresalientes.

Desde el punto de vista de adaptación se demuestra que variedades seleccionadas en Chiapas se adaptan a Montecillo ubicándolas en tal forma que libren las heladas, que un segundo ciclo puede ser tanto o más rendidoras que el primero porque la planta ya está establecida y solo rebrota después del daño de las heladas reduciendo los días a floración hasta en 50 %, sin tiempo y gasto en manejo agronómico para establecer la planta, y sin los problemas fitosanitarios del primer ciclo; de una manera u otra es necesario abrir un racimo de líneas de investigación para checar la multitud de aristas que ofrece esta investigación.

LITERATURA CITADA

Amorim N., M. da S., Araujo, A. E., de, Beltrão, N. E. de M. 2001. Clima e solo. En: Pedrosa de A., M, Lima F., E. Ed. O agronegocio da mamona no Brasil. Embrapa Algodão, Campina Grande. pp. 62-76

Azevedo, D.M.P.; Lima, E.F. 2001. (ed.). O Agronegócio da mamona no Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 350p.

Navas A., A. 2009. Tercer informe técnico de avances proyecto “evaluación de cultivares foráneos y generación de variedades colombianas de higuierilla para la producción de biodiesel y otros usos en la industria”. CORPOICA, Septiembre. 14 p.

Santos C., M., Segura, M., Núñez L., C. E. 2010. Análisis de crecimiento y relación fuente-demanda de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el municipio de Zipaquirá (Cundinamarca, Colombia). En: Revista Facultad Nacional de Agronomía. 63(1): 5253-5266.

CAPÍTULO III

VARIABLES DE CRECIMIENTO, RACIMOS, FRUTOS Y SEMILLAS DE HIGUERILLA

(Ricinus communis L) EN MONTECILLO, SIEMBRA DE JULIO,

CICLO 1 JULIO-DICIEMBRE DE 2013

JOSÉ LUIS SOLÍS BONILLA, M.C.

COLEGIO DE POSTGRADUADOS, 2015

RESUMEN

Se estudió el comportamiento y adaptación de 12 variedades higuera sembradas en Montecillo en julio de 2013, siguiendo la fecha de siembra que se definió para Chiapas, determinando variables de crecimiento, reproductivas e índices de selección similares al capítulo I y II, además se calificó el daño por heladas. El experimento se truncó con las heladas de fin de año, dentro de los datos tomados se elaboró el informe respectivo, de acuerdo a los índices de selección la variedad mejorada V5 (*Riric10*) y la no mejorada (*Zajl2*) fueron las de mejor comportamiento y las características en las que más destacaron fueron: altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), número de ramas (NR), número de hojas (NH), ancho del dosel (ADS), largo del dosel (LDS) y área basal (ABS). La variedad 4 (*Riric267-2*) en etapa temprana manifestó menor daño por las heladas sin embargo para descartar que si se trata de un escape es recomendable realizar estudios más precisos sobre resistencia a este factor limitante.

Palabras claves: heladas, tolerancia, adaptación, producción.

INTRODUCCIÓN

La definición de la época de siembra es un paso importante en la operación de cualquier cultivo agrícola en condiciones de temporal, ya que se relaciona con un mejor aprovechamiento de los factores hídricos, de calor y luz que pueden interferir en la productividad de los cultivos así como con la incidencia factores bióticos y abióticos como sequía y heladas. Las fechas de siembra también ejercen una gran influencia en el rendimiento y calidad de semilla de higuierilla. Távora (1982) recomienda que en áreas con poca precipitación las siembras deben ser realizadas tras el inicio de las lluvias, mientras que en áreas de alta precipitación la siembra puede ser tardía, evitando de este modo que no ocurran lluvias en el momento de madurez y de secado de los frutos. El cultivo de higuierilla, a pesar de su reputación de ser resistente a la sequía, alcanza buenos niveles de producción con una precipitación mínima de 600 a 750 mm, bien distribuidos durante el ciclo del cultivo (Queiroga y Beltrao, 2004). El rendimiento de semilla podría verse seriamente afectado si una condición desfavorable como sequía, plagas, enfermedades, granizo, heladas, se produce antes del periodo de cosecha (Severino, 2012).

Estudios de fechas de siembras se han centrado en la temperatura del suelo y sus efectos en producción (Brigham, 1993; Domingo y Crooks, 1945a, 1945b; Kittock y Williams, 1968). Miller *et al.* (1952) sugirieron que una fecha específica para establecer la plantación no es importante, pero debe ser inmediatamente después de la ocurrencia de heladas. Oplinger *et al.* (1990) sugirieron que la plantación debe llevarse a cabo a principios de mayo similar al maíz (*Zea mays* L.) y que la temperatura del suelo debe ser el factor determinante para la siembra. La higuierilla requiere un espacio libre de heladas durante el período de crecimiento de 140 a 190 días (Hattam y Abbassi, 1994). La higuierilla puede recuperarse de una daño por heladas drástico; sin embargo, el daño a las hojas siempre causa una reducción en el rendimiento de semilla (Lakshamma *et al.*, 2009a; Lakshmi *et al.*, 2010; Severino *et al.*, 2010). La planta de higuierilla crece bien entre 1500 y 2000 metros de altitud y tiene mayor capacidad de adaptación hasta los 3000 m. El rango óptimo de temperatura para un buen crecimiento es de entre 20 y 26 °C con baja humedad durante la estación de crecimiento. Las temperaturas por encima de 35 °C y por debajo de 15 °C

disminuyen los contenidos de aceite y alterar su composición. El aborto de flores se produce a temperaturas superiores a 40 °C (Hattam y Abbasi, 1994).

La temperatura juega un papel importante en el peso de la semilla de higuera. En condiciones tropicales, sin las bajas temperaturas al final del ciclo, se encontró que el peso de la semilla aumenta (Souza *et al.*, 2007; Fanan *et al.*, 2009; Zuchi *et al.*, 2010), mientras que en condiciones de clima templado, encontraron disminución del peso de semilla (Kittock y William, 1967) o en fechas de siembra tardías (Nagabhushanam y Raghavaiah, 2005). El peso de semilla varía poco en respuesta a la poda, la fertilización, densidad y fecha de siembra (Nabizadeh *et al.*, 2011; Soratto *et al.*, 2012; Souza *et al.*, 2012). La planta manifiesta un peso reducido de semilla si se produce un déficit hídrico después de la antesis, especialmente durante el llenado (Rajala *et al.*, 2009, 2011). Una mayor emisión de racimos podría elevar la producción de las semillas (Azevedo y Lima, 2001). El mayor rendimiento se obtiene con una mínima precipitación de 600 a 700 mm, buen rendimiento con 375 a 500 mm, y un rendimiento aceptable con 100 mm (Hattam y Abbasi, 1994). El exceso de agua es tan dañino como su deficiencia. El exceso de humedad reduce el rendimiento, contenido de aceite y peso de la semilla (Hattam y Abbasi, 1994; Kolte, 1995). Koutroubas *et al.*, (1999), en un estudio de adaptación de cultivares de higuera en dos localidades y tres años, encontraron variación en altura de planta, rendimiento y contenido de aceite. Los autores señalan que ésta variación fue debida principalmente al genotipo más que al ambiente. Han sido creados índices de selección tomando en cuenta componentes de rendimiento, siendo éstos 54% más efectivos que la selección directa basada solo en rendimiento (Salih y Khidir, 1975). Albuquerque y Villalobos (1996) encontraron diferencias significativas en precocidad, altura de planta, peso de 1000 semillas y rendimiento. Estudiando la variación de una colección de higuera en Brasil, a través de análisis de componentes principales, encontraron una varianza acumulada de 96% en los primeros dos componentes, observándose que el largo de la semilla y el peso de 100 semillas fueron las características más importantes (Figueiredo *et al.*, 2004). Sarwar y Boota-Chaudhry, (2008) señalan que para la selección de variedades altamente productivas de higuera se debe hacer énfasis en el número de racimos y peso de frutos; así como en la longitud de los racimos y peso de 100 semillas.

En Tuxtla Chico la siembra de este cultivo se ha realizado en el mes de julio para evitar las lluvias fuertes en la siembra, madurez y secado de los frutos, por ello se planteó comparar la viabilidad de esta práctica en Montecillo. Por todo lo anterior, el objetivo de este trabajo fue estudiar la adaptación de un grupo de variedades de higuera en Montecillo, siembra de julio ciclo 1 julio-diciembre de 2013.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información referente a la localización y las condiciones climáticas de la localidad se establecen en el apartado “Materiales y Métodos” del capítulo I y II. La precipitación ocurrida durante la etapa en que va de la siembra al truncado por las heladas fue de 444 mm. La distribución pluvial ocurrió de abril a mediados de octubre con régimen bimodal, con sequía intraestival (SI) en el mes de agosto y la gran sequía invernal (GSI) a mediados de octubre (Figura 1). Se presentaron heladas a inicios y mediados de diciembre las cuales dañaron el cultivo truncando su ciclo (Figura 2 y 3).

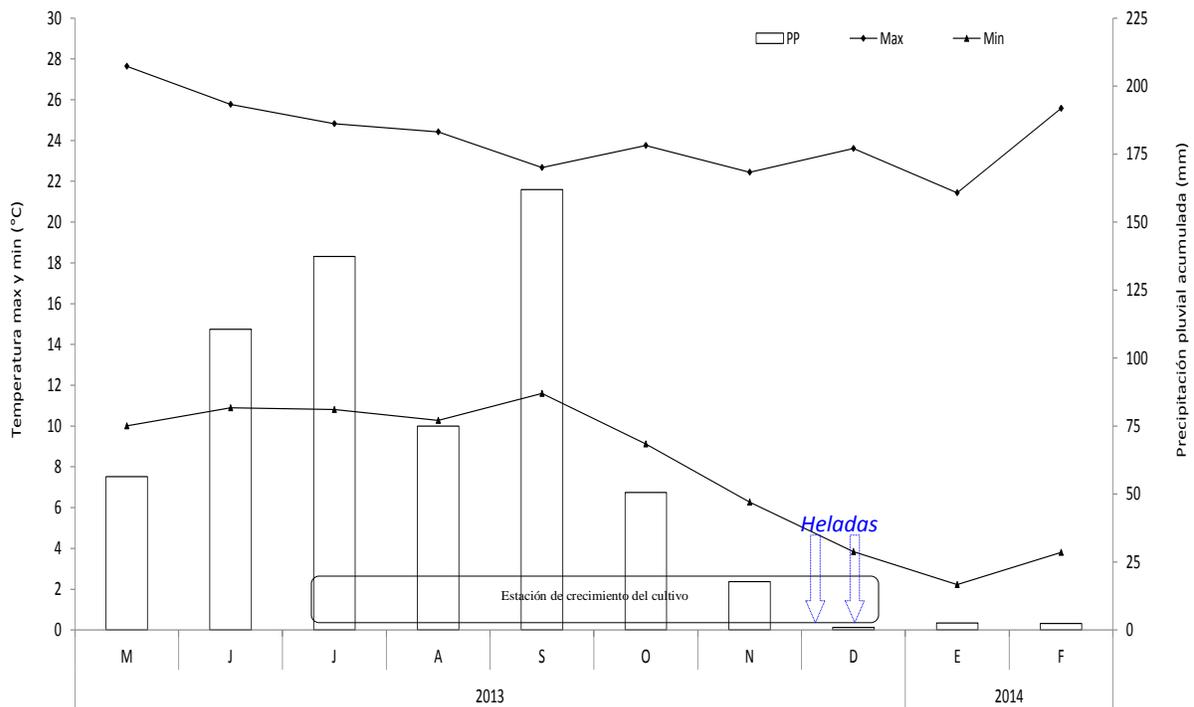


Figura 1. Precipitación pluvial durante el experimento en Montecillo, siembra de julio ciclo I julio-diciembre de 2014.

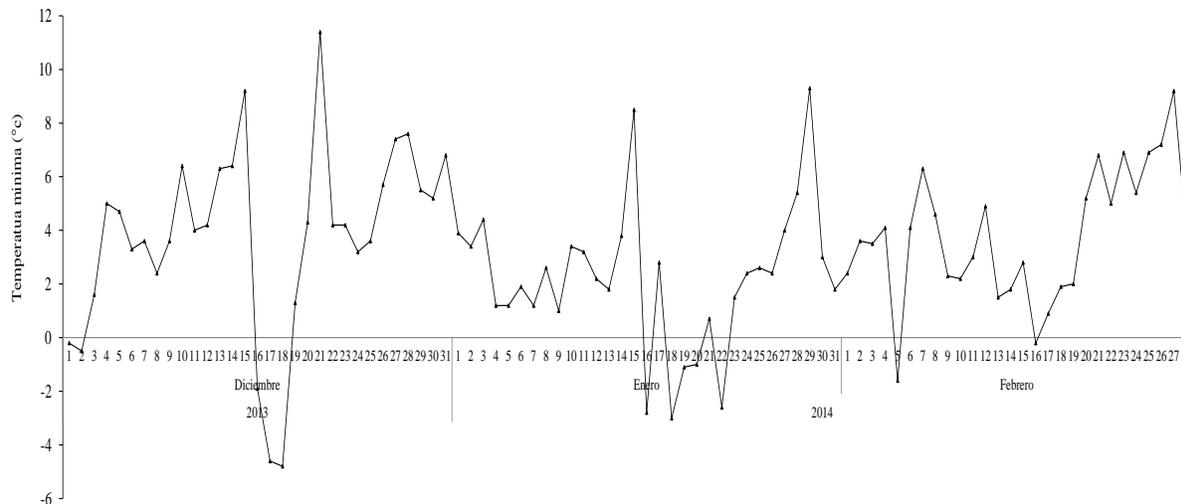


Figura 2. Ocurrencia de heladas durante el experimento en Montecillo, siembra de julio ciclo 1 julio-diciembre de 2014.



Figura 3. Daños ocasionados por la ocurrencia de heladas durante el experimento en Montecillo siembra de julio, ciclo 1 julio-diciembre 2013.

De acuerdo a los resultados de los análisis de suelo, se trata de un suelo franco arenoso, moderadamente básico y ligeramente salino, con porcentajes de materia orgánica (M.O.) del 2 %. (Cuadro 1).

Cuadro 1. Principales propiedades del suelo del lote experimental en Montecillo siembra de julio.

Localidad	Textura	pH	CE	CIC	M.O	N	P	K	Ca	Mg	Na
			dS m ⁻¹	meq/100g	(%)	total					
A2	Franco arenoso	7.8	1.29	29.75	2.05	0.10	18.08	0.68	34.98	10.26	1.44

Se evaluaron las variedades descritas en el capítulo I más una no mejorada procedente de Zapotiltic, Jalisco (Cuadro 2). El experimento se estableció el 16 de julio de 2013. La parcela experimental fue de 12 metros de largo por 2.0 metros de ancho (24 m²), con cinco plantas por surco, en rectángulo a 2.0 x 3.0 m. Se usó un diseño de bloques al azar, con tres repeticiones. Dado que se truncó el ciclo del cultivo solo se logró recabar información concerniente a variables de más de una fecha de lectura descritas en la página 32 además se incluyó una calificación del daño por helada (CDH) mediante la escala de 1 a 5, donde 1 corresponde a la mejor condición, es decir hojas sin daños y 5 a la peor condición, es decir hojas heladas. Para el análisis se empleó el modelo (1) descrito en la página 31. Los análisis se hicieron a través del programa estadístico SAS 9.0 (SAS Insitute Inc., Cary, NC, USA) y las medias se compararon con la prueba de Duncan, con un nivel de significación del 5%.

Cuadro 2. Origen de la variedad de higuierilla que se agregó al estudio de variabilidad y adaptación siembra de julio.

Tratamiento	Genotipo	Forma	Origen	Altitud (msnm)	Color de semilla
12	Zajl2	NM	Zapotiltic, Jalisco	1302	Gris veteadado

NM; no mejorada

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis factorial con fechas y variedades

Se detectó significancia en repeticiones, fechas y variedades en siete de las ocho características de planta evaluadas, no hubo significancia en repeticiones para el número de hojas. La interacción variedades x fechas fue significativa solo para la número de ramas y calificación de daño por heladas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Cuadrados medios y significancia de características morfológicas de la planta en Montecillo, siembra de julio ciclo I julio-diciembre de 2013.

	FV	GL	AP	DT	NR	NH	ADS	LDS	ABS	CDH
Repeticiones	2	1804.1**	1.35**	0.88**	99.7ns	5216.8**	5058.5**	0.52**	1.18**	
Fechas	4	111155.5**	131.77**	7.16**	30107.3**	223110.6**	214320.8**	21.94**	2.04**	
Error a	8	205.0	0.09	0.38	13.1	214.8	316.6	0.01	0.06	
Variedades	11	1862.2**	1.85**	0.52**	648.2**	4105.8**	3932.3**	0.35**	0.28**	
Var x Fech	44	45.1ns	0.0ns	0.13*	26.6ns	44.2ns	19.5ns	0.00ns	0.02**	
Error b	77	129.2	0.07	0.05	62.8	246.6	245.6	0.01	0.02	
CV		23.92	18.35	8.23	28.12	19.29	22.86	19.69	4.72	
R ²		0.93	0.94	0.73	0.91	0.93	0.91	0.93	0.88	

FV=fuente de variación, GL= grados de libertad, AP= altura de planta, DT=diámetro de tallo, NR=número de ramas, NH=número de hojas, ADS= Ancho del dosel, LDS= longitud del dosel, ABS=área basal, IDH=daño por helada, **Diferencias significativas a 0.01 de probabilidad, *Diferencias significativas a 0.05 de probabilidad, ns = no significativo

Comparación de medias de variedades

El índice de selección se determinó de la manera que se indicó en la página 34, en la variable daño por helada (CDH) se les asignó el “1” a las que tienen letra “c” que son las de menor daño. Las variedades con el mejor índice fueron la 5 (*Riric10*) y 12 (*Zajl2*) con valores de 7. Las características número de ramas (NR), número de hojas (NH) y ancho del dosel (ADS) fueron las de mayor frecuencia. La baja frecuencia de CDH, refleja un rasgo de resistencia a este fenómeno, que no se había considerado en la selección, sin embargo se detectó a la variedad 4 (*Riric267-2*) que en etapa temprana mostro menor daño por las heladas, rasgo que puede ser útil en programas de mejoramiento genético (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación de medias de las características morfológicas de planta e índice de selección de las variedades de higuerilla en Montecillo, siembra de julio ciclo 1 julio-diciembre de 2013.

Variedades	AP (cm)	DT (cm)	NR	NH	ADS (cm)	LDS (cm)	ABS (m ²)	CDH	IS
1	34.9 d	2.0 <u>abc</u>	11.5 <u>abcd</u>	24.3 <u>abc</u>	70.8 de	64.2 ef	0.60 de	4.8 a	3
2	26.3 e	1.4 g	9.3 e	14.5 d	53.7 g	49.6 g	0.46 e	4.9 a	0
3	42.5 c	1.8 cde	12.7 <u>a</u>	23.4 bc	80. bcd	75.0 bcde	0.77 bcd	4.5 a	1
4	41.5 cd	1.7 ef	13.2 <u>a</u>	22.9 c	75.6 cde	68.5 cdef	0.74 cd	3.1 <u>c</u>	2
5	51.5 <u>a</u>	2.1 <u>ab</u>	12.2 <u>ab</u>	27.3 <u>ab</u>	90.6 <u>a</u>	89.6 <u>a</u>	1.05 <u>a</u>	4.0 b	7
6	37.9 cd	1.7 def	10.8 bcde	21.5 c	76.2 cde	72.9 bcde	0.75 cd	4.6 a	0
7	34.7 d	1.6 fg	9.9 de	17.2 d	59.4gf	59.6 f	0.59 de	4.7 a	0
8	44.6 bc	1.9 bcd	11.8 <u>ab</u>	25.0 <u>abc</u>	82.6 <u>abc</u>	79.2 bc	0.85 bc	4.4 ab	3
9	39.8 cd	1.7 ef	11.7 <u>abc</u>	22.7 c	68.6 ef	68.0 def	0.62 de	4.5 ab	1
10	44.4 bc	2.0 bc	11.4 <u>abcd</u>	22.7 c	84.1 <u>abc</u>	77.9 bcd	0.94 <u>ab</u>	4.2 ab	3
11	35.3 d	1.9 bc	10.0 cde	16.8 d	69.7 e	69.3 cdef	0.69 cd	4.2 ab	0
12	50.2 <u>ab</u>	2.2 <u>a</u>	11.8 <u>ab</u>	28.0 <u>a</u>	87.1 <u>ab</u>	82.9 <u>ab</u>	0.94 <u>ab</u>	4.4 ab	7
Media	40.3	1.8	11.4	22.2	74.9	71.4	0.75	4.4	-
+ Frec	2	3	8	4	4	2	3	1	-

AP= altura de planta (cm), DT=diámetro de tallo (cm), NR=número de ramas, NH=número de hojas, ADS= Ancho del dosel (cm), LDS= longitud del dosel (cm), ABS=área basal (m²), CDH=calificación de daño por helada, IS=índice de selección.+ frecuencia de los caracteres más sobresalientes en las variedades mejoradas. Promedios con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales Duncan (P≤0.05).

CONCLUSIONES

Resultó ineficiente la siembra de julio en Montecillo dado que el ciclo del cultivo se empalma con el periodo de ocurrencia de heladas afectando directamente la producción de flores. De acuerdo a los índices de selección obtenidos de las variables que se pudieron medir, la variedad mejorada V5 (*Riric10*) y la no mejorada (*Zajl2*) fueron las de mejor comportamiento y adaptación en el ciclo 1.

Las heladas que se presentaron durante el 2013 dañaron el cultivo sin embargo rebrotó cuando las condiciones fueron favorables, lo que dio pauta para dar seguimiento al ensayo y evaluar las variedades en un segundo ciclo después de los daños por heladas.

Se precisó que si bien la helada truncó el desarrollo no mato plenamente la planta de tal forma pudo rebrotar llegando a restituirse la planta y permitir un segundo ciclo de estudio. Con resultados que se expondrán en el siguiente capítulo. Se aprecia que hay escasa literatura sobre el daño de la helada y recuperación de los puntos de crecimiento dado que siempre se ha pensado que es una planta de adaptación al trópico; sin embargo, el seguimiento de este experimento permite vislumbrar amplias posibilidades para precisar la adaptabilidad de esta planta al régimen termopluiométrico de Valles Altos con rendimientos que pueden superar a los de otros ambientes.

LITERATURA CITADA

Albuquerque, N. y M. J. Villalobos. 1996. Estudio de la variación en plantas de una colección de ricino. *Grasas y Aceites* 47(4): 237-241.

Azevedo, D.M.P.; Lima, E.F. 2001. (ed.). *O Agronegócio da mamona no Brasil*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 350p.

Brigham, R.D. 1993. Castor: Return of an old crop. In J. Janick and J.E. Simon (eds.) *New crops*. John Wiley & Sons, New York. p. 380–383.

Domingo, W.E., Crooks, D.M., 1945a. Investigation with the castor-bean plant. I. Adaptation and variety tests. *J. Am. Soc. Agron.* 37, 750–762.

Domingo, W.E., Crooks, D.M., 1945b. Investigation with the castor-bean plant. II. Rate-of-planting and date-of-planting tests. *J. Am. Soc. Agron.* 37, 812–820.

Fanan, S., P.F. Medina, and M.B.P. Camargo. 2009. Description of agronomic characteristics and harvest time evaluation in the yield of castor bean cultivar IAC 2028. *Bragantia* 68:415-422.

Figueiredo N. A.; F. de Assis; C. Almeida; J. P.G. de Gouveia; M. B. M. Nóbrega; R. M. Carneiro e J. P. Pedroza. 2004. Divergência genética em acessos de mamona (*Ricinus communis* L.) baseada nas características das sementes. *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 4 (2): 15-20.

Hattam, M. and G. Q. Abbasi. 1994. *Oil seed crops. Crop production*. National Book Foundation Islamabad. pp. 362-366.

Kittock, D.L., Williams, J.H., 1968. Influence of planting date on certain morphological characteristics of castorbeans. *Agron. J.* 61, 401–403.

Kolte, S. J. 1995. *Castor: Diseases and crop improvement.* 131pp.

Koutroubas, S. D.; D. K. Papakosta and A. Doitsinis. 1999. Adaptation and yielding ability of castor plant (*Ricinus communis* L.) genotypes in a Mediterranean climate. *European Journal of Agronomy* 11(3-4): 227-237

Lakshamma, P., M. Lakshminarayana, P. Lakshimmi, K. Aivelu, and C. Lavanya. 2009. Effect of defoliation on seed yield of castor (*Ricinus communis*). *Indian Journal of Agricultural Science* 79:620-623.

Lakshmi, P., P. Lakshamma, and M. Lakshminarayana. 2010. Contribution of upper leaves to seed yield of castor. *Journal of Oilseeds Research* 27:209-212.

Miller, E.A., Quinby, J.R., Langley, B.C., Rothe, J.H., Walzel, J.R., Nelson, R.H., 1952. Castor bean in Texas. *Tex. AES Bull.*, #744, 14 pp.

Nabizadeh E. , Taherifard E. and Gerami F.2011. Effect of pruning lateral branches on four varieties of medicinal castor bean plant (*Ricinus communis* L.) yield, growth and development *Journal of Medicinal Plants Research* Vol. 5(24), pp. 5828-5834.

Nagabhushanam U., Raghavaiah C.V. 2005. Seeding date and irrigation effects on the productivity and oil quality of postmonsoon grown castor, *Ricinus communis* L. in alfisols. *J Oilseeds Res.* 22:206-208.

Oplinger, E.S., Oelke, E.A., Kaminski, A.R., Combs, S.M., Doll, J.D., Schuler, R.T., 1990. Castorbeans. alternative field crops manual. <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/castor.html>>

Queiroga V. de P.; Beltrão N. E. de M. 2004. Produção e Armazenamento de Sementes de Mamona (*Ricinus communis* L.). Comunicado Técnico 206, Embrapa Algodão. Campina Grande, PB, 7p.

Rajala, A., P. Mäkelä, S. Muurinen, and P. Peltonen-Sainio. 2009. Spring wheat response to timing of water deficit through sink and grain filling capacity. *Field Crops Research* 114:263-271.

Salih, S.H. and M. O. Khidir. 1975. Correlations, path analyses and selection indices for castorbean (*Ricinus communis* L.). *Experimental Agriculture* 11:145-154.

Sarwar, G. and M. Boota-Chaudhry. 2008. Evaluation of castor (*Ricinus communis* L.) induced mutants for possible selection in the improvement of seed yield. *Span. J. Agric. Res.* 6 (4): 629-634.

Severino, L.S., M.A.O. Freire, A.M.A. Lucena, and L.S. Vale. 2010. Sequential defoliations influencing the development and yield components of castor plants (*Ricinus communis* L.). *Industrial Crops and Products* 32:400-404.

Souza, A.S., F.J.A.F. Távora, J.B. Pitombeira, and F.M.L. Bezerra. 2007. Planting time and irrigation management for castor plant. II – effect on growth and productivity. *Revista Ciência Agronômica* 38:422-429.

Souza-Schlick, G.D, R.P. Soratto, D. Bottino, and A.M. Fernandes. 2012. Growth and yield of short height castor on different row spacings and plant populations. *Interciencia* 37:49-54.

Távora, F.J.A. 1982. A cultura da mamona. Fortaleza: EPACE, Brasil. 111 p.

Weiss. E.A. 1983. Oilseed Crops. Longman, London, 660 p.

Zuchi, J., J.C. Zanuncio, G.A.P. Bevilaqua, S.T. Peske, and S.D.A. Silva. 2010. Castor yield components according to floral order and sowing season in the Rio Grande do Sul State. *Revista Ciência Agronômica* 41:380-386.

CAPÍTULO IV

VARIABLES DE CRECIMIENTO, RACIMOS, FRUTOS Y SEMILLAS DE HIGUERILLA

(Ricinus communis L) EN MONTECILLO, SIEMBRA DE JULIO,

CICLO 2 ENERO-DICIEMBRE DE 2014

JOSÉ LUIS SOLÍS BONILLA, M.C.

COLEGIO DE POSTGRADUADOS, 2015

RESUMEN

El objetivo de este capítulo fue estudiar el comportamiento de un grupo de variedades en un segundo ciclo que fue de enero a diciembre de 2014 sembradas en Montecillo, determinando variables de crecimiento similares al primer ciclo y variables reproductivas e índices de selección. De acuerdo a los índices de selección y componentes principales las variedades mejoradas V4 (*Riric267-2*), V5 (*Riric10*) y V10 (*Riric1*) fueron las de mejor adaptación y las características en las que más destacaron fueron número de ramas (NR), número de hojas (NH), ancho del dosel (ADS), tamaño de fruto y peso de cien semillas, en tanto que las variedades no mejoradas *CP13* y *Zajl2* sobresalieron en longitud de racimo (LR) y frutos por racimo (FR). Las variedades 4 (*Riric267-2*), 11 (*CP13*) y 12 (*Zajl2*) manifestaron menores daños por heladas. Las condiciones ambientales en el ciclo 2 afectó de manera positiva el rendimiento agronómico, así como las características de racimos, frutos y semillas.

Palabras claves: heladas, tolerancia, adaptación, producción.

INTRODUCCIÓN

La higuera requiere un espacio libre de heladas durante el período de crecimiento de 140 a 190 días (Hattam y Abbassi, 1994). La planta de higuera puede recuperarse a una defoliación drástica; sin embargo, el daño a las hojas siempre causa una reducción en el rendimiento de semilla (Lakshamma *et al*, 2009a; Lakshmi *et al*, 2010; Severino *et al*, 2010).

Una mayor emisión de racimos podría elevar la producción de las semillas (Azevedo y Lima, 2001). El mayor rendimiento se obtiene con una mínima precipitación de 600 a 700 mm, buen rendimiento con 375 a 500 mm, y un rendimiento aceptable con 100 mm (Hattam y Abbassi, 1994).

Las heladas que se presentaron al final de 2013 y las de enero 2014 dañaron el cultivo sin embargo rebrotó cuando las condiciones fueron favorables, lo que dio pauta para un segundo ciclo de cultivo, continuar el ensayo y evaluar las variedades. Dicho lo anterior, el objetivo de este trabajo fue estudiar el comportamiento de un grupo de variedades de higuera sembradas en Montecillo en julio de 2013 en un segundo ciclo que fue de enero a diciembre de 2014.

MATERIALES Y MÉTODOS

La precipitación durante el experimento fue de 858 mm. La distribución ocurrió de marzo a mediados de octubre con régimen bimodal, con sequía intraestival (SI) en el mes de agosto (Figura 1). Se presentaron heladas en enero y febrero las cuales dañaron el cultivo y fue el rebrote el que se aprovechó para el segundo ciclo, de la misma forma al final del ciclo productivo en el mes de noviembre y diciembre ocurrieron heladas moderadas de manera retrasada dado que usualmente ocurren desde finales de octubre (Figura 2). En general fue un buen año que dejó un amplio periodo libre de heladas y con una precipitación que se extendió hasta diciembre como se puede apreciar en la Figura 1.

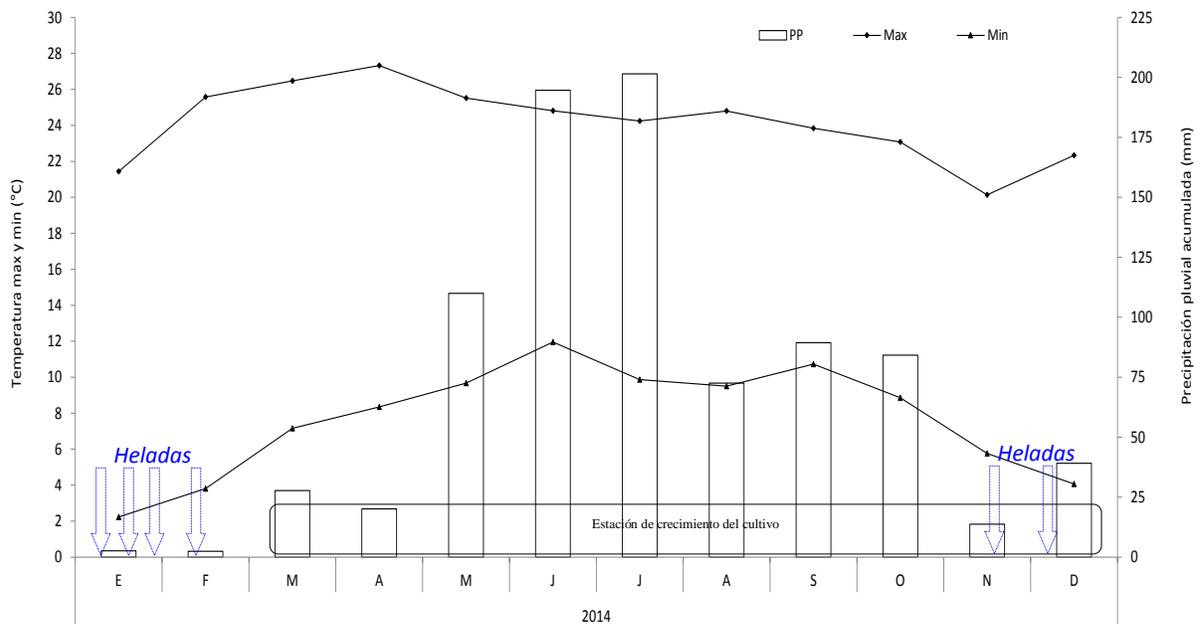


Figura 1. Precipitación pluvial durante el experimento en Montecillo, siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014.

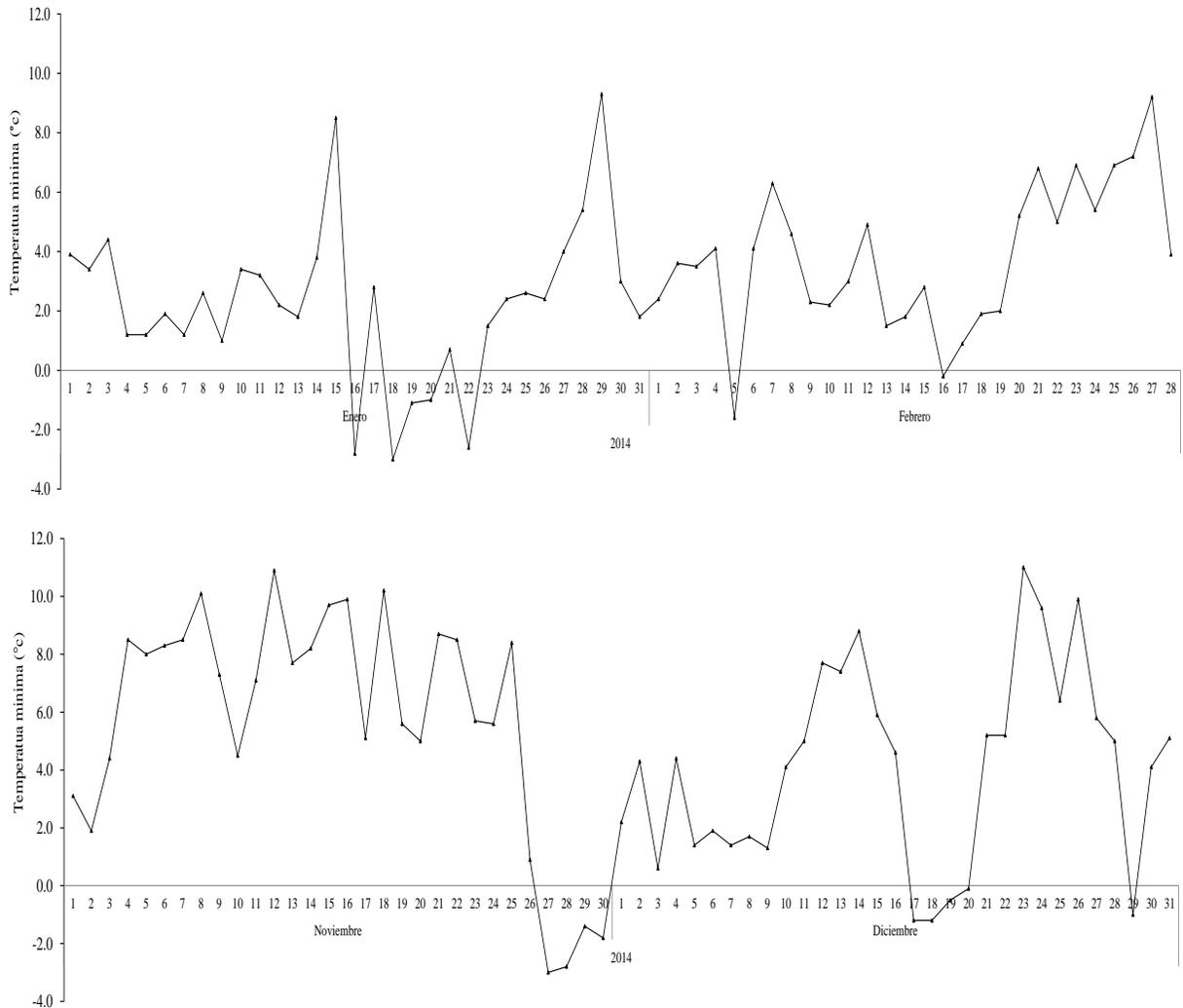


Figura 2. Ocurrencia de heladas durante el experimento en Montecillo, siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014.

La información referente a la variedades, diseño del experimento y tipo de suelo se señalan en el apartado “Materiales y Métodos” del capítulo III. Las variables en estudio, diseño estadístico, modelos y análisis empleados así como programa utilizado se señalan en las páginas 31 y 32, además de los datos tomados en otro ciclo se incluyó una calificación del daño por helada (CDH) mediante la escala de 1 a 5, donde 1 corresponde a la mejor condición, es decir hojas sin daños y 5 a la peor condición, es decir hojas heladas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis factorial con fechas y variedades

Se detectó significancia en repeticiones, fechas y variedades en las seis características de planta evaluadas, la interacción variedades x fechas fue significativa solo para la característica número de ramas (Cuadro 1). Para la variable calificación de daño por helada esta fue significativa en repeticiones, fechas, variedades y en la interacción variedades x fechas.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia de características morfológicas de la planta en Montecillo, siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre 2014.

FV	GL	CDH	AP	NR	NH	ADS	LDS	ABS
Repeticiones	2	1.18**	331651.4**	15.58**	1277.7**	148.58**	216.9**	20.3**
Fechas	6	2.04**	868999.9**	4.97**	2115.2**	1630.2**	1832.2**	225.3**
Error a	12	0.06	2857.4	1.92	3.74	5.01	2.22	0.02
Variedades	11	0.28**	71067.9**	6.45**	215.2**	48.3**	50.27**	6.06**
Var x Fech	66	0.02**	1301.1ns	0.56**	3.64ns	1.27ns	0.84ns	0.12ns
Error b	72	0.02	893.8	0.12	4.05	0.87	0.22	0.09
CV		4.72	16.89	15.67	16.67	8.98	7.40	13.20
R ²		0.88	0.94	0.75	0.89	0.93	0.95	0.96

*FV=fuente de variación, GL= grados de libertad, CDH=calificación de daños por helada, AP=altura de planta, NR=número de ramas, NH=número de hojas, ADS= Ancho del dosel, LDS= longitud del dosel, ABS=área basal, **Diferencias significativas a 0.01 de probabilidad, *Diferencias significativas a 0.05 de probabilidad, ns=no significativo*

Comparación de medias de variedades de características morfológicas de planta e índices de selección

El índice de selección se determinó de la manera que se indicó en la página 34, en la variable daño por helada (CDH) se les asignó el “1” a las que tienen letra “c” que son las de menor daño. Conforme a este índice, la variedad 4 (*Riric267-2*) fue la de mayor puntuación. Las características con mayor frecuencia fueron NR, NH y ADS. Se detectó a la variedad 4 (*Riric267-2*) que mostró menor daño por las heladas, para descartar que se trate de un escape es recomendable realizar estudios más precisos sobre resistencia a este factor limitante (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación de medias de las características morfológicas de planta e índice de selección de las variedades de higuera en Montecillo, siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre 2014.

Variedades	CDH	AP (cm)	NR	NH	ADS (cm)	LDS (cm)	ABS (m ²)	IS
1	4.8 a	184.6 c	10.5 cd	197.1 ef	323.0 de	318.5 e	13.5 ef	0
2	4.9 a	149.8 d	8.0 d	155.8 f	258.0 f	247.3 f	8.5 g	0
3	4.5 a	207.0 c	10.7 cd	250.5 de	330.5 de	345.0 de	14.6 efg	0
4	3.1 c	294.8 b	17.4 a	499.6 a	437.7 a	491.2 a	24.8 a	6
5	4.0 b	271.4 b	15.8 ab	330.4 cd	378.2 abcd	396.0 bc	17.7 cd	2
6	4.6 a	211.6 c	10.3 cd	263.3 de	350.6 cde	370.9 cd	16.2 def	0
7	4.7 a	211.9 c	11.2 cd	319.3 cd	372.6 bcd	381.1 cd	17.3 cde	0
8	4.4 ab	210.8 c	12.4 bc	306.7 cd	328.9 de	351.1 de	15.1 def	0
9	4.5 ab	212.1 c	11.5 cd	288.2 d	308.0 ef	340.9 de	13.1 f	0
10	4.2 ab	266.1 b	15.6 ab	447.4 ab	383.7 abcd	398.0 bc	18.4 cd	3
11	4.2 ab	326.9 a	19.3 a	383.7 bc	425.2 ab	429.9 b	22.3 ab	4
12	4.4 ab	275.2 b	18.4 a	477.2 a	410.1 abc	399.5 bc	20.3 bc	3
Media	4.4	235.2	13.4	326.6	358.8	372.5	16.8	-
+ Frec-pc	1	1	5	3	5	1	2	-

CDH=calificación de daño por helada, AP= altura de planta (cm), NR=número de ramas, NH=número de hojas, ADS= Ancho del dosel (cm), LDS= longitud del dosel (cm), ABS=área basal (m²), IS=índice de selección. + frecuencia de "aes" por característica. Promedios con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales Duncan ($P \leq 0.05$).

Análisis de una sola lectura

Características de racimos y frutos

El análisis de varianza se sintetiza en el Cuadro 3, no hubo significancia en repeticiones en las variables evaluadas, mientras que para variedades se detectó significancia en todas las características.

Cuadro 3. Cuadrados medios y significancia de las características de racimos y frutos en Montecillo, siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014.

FV	GL	DF	NRP	LR	FR	DP	DE	PF
Repeticiones	2	31.04ns	2.65ns	6.06ns	314.46ns	0.06ns	0.16ns	18.53ns
Variedades	11	86.67*	6.32**	503.06**	1892.96**	1.63**	2.00**	73.56**
CV		9.14	18.01	15.46	28.29	7.40	7.41	25.50
R ²		0.51	0.60	0.90	0.84	0.91	0.92	0.77

FV=fuente de variación, GL= grados de libertad, DF=días a floración, NRP= número de racimos por planta, LR=longitud de racimo, FR=frutos por racimo, DP=diámetro polar de fruto, DE= diámetro ecuatorial de fruto, PF= peso de fruto, **Diferencias significativas a 0.01 de probabilidad, *diferencias significativas a 0.05 de probabilidad ns = no significativo

Comparación de medias de variedades de las características de racimos y frutos e índice de selección

Al igual que el inciso anterior, se elaboró un índice de selección en el que intervinieron todas las variables de respuesta con significancia, según se indica en la página 36, en el caso particular de la variable días a floración se les asignó el “1” a las que tienen letra “c”. Se detectaron ocho variedades con índices de selección de 4, sin embargo se detectó la variedad 10 (*Riric1*) con el mejor índice con valor de 5. Las características con mayor frecuencia fueron DF y tamaño de fruto que comprende las variables DP, DE y PF. Las variedades no mejoradas *CP13* y *Zajl2* presentaron mayor longitud de racimos que las mejoradas (Cuadro 4). La variedad *CP13* también destacó en la variable número de frutos por racimo. Las condiciones ambientales en A2 favorecieron las características de racimos y frutos. Los rangos de la variable DF fluctuaron de 57 a 75 días después de la rebrotación.

Cuadro 4. Comparación de medias de las características de racimos y frutos e IS de las variedades de higuera en Montecillo, siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014.

Var	DF (ddr)	NRP	LR (cm)	FR	DP (cm)	DE (cm)	PF (g)	IS
1	75 a	20.0 d	29.0 b	47.8 bc	1.9 b	2.1 bc	4.5 cd	0
2	66 abc	24.0 d	20.5 b	31.5 cd	3.3 a	3.5 a	15.6 a	4
3	68 abc	46.7 bcd	23.9 b	34.8 bcd	3.2 a	3.4 a	13.3 a	4
4	71 ab	115.0 a	20.8 b	21.0 d	3.4 a	3.6 a	10.7 ab	4
5	69 abc	63.2 bc	20.0 b	24.2 cd	3.4 a	3.5 a	11.7 ab	4
6	64 abc	40.1 cd	27.0 b	35.1 bcd	3.5 a	3.6 a	14.0 a	4
7	57 c	67.0 bc	22.2 b	35.1 bcd	3.2 a	3.3 a	10.0 abc	4
8	64 abc	58.7 bcd	22.4 b	25.3 cd	3.3 a	3.5 a	13.5 a	4
9	63 abc	53.0 bcd	27.5 b	56.8 b	2.4 b	2.5 b	6.6 bcd	1
10	62 bc	86.0 ab	24.1 b	27.7 cd	3.3 a	3.5 a	11.6 ab	5
11	71 ab	53.4 bcd	51.3 a	89.2 a	2.0 b	2.0 c	4.2 d	2
12	73 ab	63.4 bc	45.3 a	46.5 bc	2.2 b	2.1 bc	4.8 cd	1
Media	67	57.5	27.8	39.6	2.9	3.1	10.0	-
+Frec-pc	8	2	2	1	8	8	8	-

DF=días a floración, NRP= número de racimos por planta, LR=longitud de racimo (cm), FR=frutos por racimo, DP=diámetro polar de fruto (cm), DE= diámetro ecuatorial de fruto (cm), PF= peso de fruto (g), IS=índice de selección o frecuencia de “aes” por variedad, +frecuencia de “aes” por características. Promedios con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales Duncan ($P \leq 0.05$).

Características de semillas

Hubo significancia en repeticiones en las variables ancho de semilla (AS) y peso de 100 semillas (PCS). Para variedades se detectó significancia para los siete caracteres de semillas evaluados (Cuadro 5). Hubo significancia en variedades para la variable CDH.

Cuadro 5. Cuadrados medios y significancia de las características de semillas en Montecillo, siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014.

FV	GL	LS	AS	GS	VL	RLA	PCS	REN	CDH
Repeticiones	2	0.02ns	0.02*	0.0002ns	0.004ns	0.0006ns	850.70*	83.01ns	0.21ns
Variedades	11	0.37**	0.44**	0.07**	0.49**	0.12**	4533.58**	296.82*	2.68**
CV		4.41	4.63	3.51	14.75	3.03	18.25	20.36	6.08
R ²		0.94	0.96	0.96	0.89	0.94	0.83	0.52	0.88

*FV=fuente de variación, GL= grados de libertad, LS= longitud de semilla, AS=Ancho de semilla, GS=grosor de semilla, VL= volumen de semilla, RLA= relación largo/ancho, PCS=peso de 100 semillas, REN=rendimiento de semillas, CDH=calificación de daños por helada, ** Diferencias significativas a 0.01 de probabilidad, * diferencias significativas a 0.05 de probabilidad, ns = no significativo*

Comparación de medias de variedades de las características de semillas e índice de selección

Se elaboró el índice de selección según se indica en la página 36, en el caso particular de la variable CDH se le asignó el “1” a las que tienen letra “b” y “c”. Las variedades con el mejor índice fueron la 4 (*Riric267-2*), 5 (*Riric10*), 6 (*Riric19*), 7(*Riric29*) y 10 (*Riric1*) con valores de 6. Las características con mayor frecuencia fueron PCS y tamaño de semilla que comprende las variables AS, GS y VL (Cuadro 6). Se manifestaron en etapa adulta las variedades 4 (*Riric267-2*) 11 (*CP13*) y 12 (*Zajl2*) con menor daño por heladas que asociado al componente genético interactuaron con las barreras rompevientos que se encontraban de forma natural en el sitio experimental las cuales protegieron al cultivo. El establecimiento de cortinas rompevientos puede ser una práctica eficiente para minimizar los daños por heladas en ambientes donde se presente este fenómeno. Para descartar que se trate de un escape lo mostrado por estas variedades es recomendable realizar estudios más precisos sobre resistencia a este factor limitante.

Cuadro 6. Comparación de medias de las características semillas, CDH e IS de las variedades de higuera en Montecillo, siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014.

Var	LS (cm)	AS (cm)	GS (cm)	VL (ml)	RLA	PCS (g)	REN (g p ⁻¹)	CDH	IS
1	1.46 c	1.20 b	0.75 b	0.52 b	1.23 bc	53.00 b	1082 c	5.0 a	0
2	1.85 <u>ab</u>	1.49 <u>a</u>	0.86 <u>a</u>	1.03 <u>a</u>	1.24 bc	103.33 <u>a</u>	1913 c	5.0 a	5
3	1.79 b	1.45 <u>a</u>	0.82 <u>a</u>	0.89 <u>a</u>	1.23 bc	86.30 <u>a</u>	3241 <u>abc</u>	5.0 a	5
4	1.80 b	1.49 <u>a</u>	0.83 <u>a</u>	0.94 <u>a</u>	1.21 c	94.00 <u>a</u>	5154 <u>a</u>	3.5 <u>b</u>	6
5	1.91 <u>ab</u>	1.55 <u>a</u>	0.85 <u>a</u>	1.03 <u>a</u>	1.23 bc	99.07 <u>a</u>	3316 <u>abc</u>	4.8 a	6
6	1.97 <u>a</u>	1.57 <u>a</u>	0.87 <u>a</u>	1.04 <u>a</u>	1.25 bc	104.89 <u>a</u>	3222 <u>abc</u>	5.0 a	6
7	1.87 <u>ab</u>	1.52 <u>a</u>	0.87 <u>a</u>	0.99 <u>a</u>	1.23 bc	97.67 <u>a</u>	3163 <u>abc</u>	5.0 a	6
8	1.90 <u>ab</u>	1.53 <u>a</u>	0.85 <u>a</u>	0.98 <u>a</u>	1.24 bc	99.92 <u>a</u>	2856 bc	5.0 a	5
9	1.44 c	1.14 b	0.70 b	0.53 b	1.26 bc	52.21 b	2658 bc	5.0 a	0
10	1.93 <u>ab</u>	1.49 <u>a</u>	0.85 <u>a</u>	1.01 <u>a</u>	1.30 b	86.95 <u>a</u>	4678 <u>ab</u>	5.0 a	6
11	1.23 d	0.75 c	0.55 c	0.24 c	1.61 <u>a</u>	24.20 c	2833 bc	2.8 <u>c</u>	2
12	1.32 cd	0.82 c	0.56 c	0.24 c	1.66 <u>a</u>	27.00 c	1719 c	3.6 <u>b</u>	2
Media	1.70	1.33	0.78	0.79	1.31	77.38	2986	4.6	-
⁺ Frec-pc	6	8	8	8	2	8	6	3	-

LS= longitud de semilla (cm), AS=Ancho de semilla (cm), GS=grosor de semilla (cm), VL= volumen de semilla (ml), RLA= relación largo/ancho, PCS=peso de 100 semillas (g), REN=rendimiento de semillas (g p⁻¹), CDH=calificación de daños por heladas, IS=índice de selección. ⁺frecuencia de "aes" por características. Promedios con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales Duncan (P≤0.05).

En el Cuadro 7, se presenta el índice de selección (IS), obtenido de sumar los índices parciales de los Cuadros 2, 4 y 6, en este contexto las tres variedades con mayor índice fueron V4 (*Riric267-2*) y V10 (*Riric1*) con 16y 14 unos, respectivamente.

Cuadro 7. Índice de selección de 12 variedades de higuera en Montecillo, siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014.

Variables	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12
	Riric269-3	Riric265-1	Riric67-6	Riric267-2	Riric10	Riric19	Riric29	Riric274	Riric273	Riric1	CPI3	ZAJL
CDH				1								
AP											1	
NR				1	1					1	1	1
NH				1						1		1
ADS				1	1					1	1	1
LDS				1								
ABS				1							1	
DF		1	1		1	1	1	1	1	1		
CDH				1							1	1
NRP				1						1		
LR											1	1
FR											1	
DP		1	1	1	1	1	1	1		1		
DE		1	1	1	1	1	1	1		1		
PF		1	1	1	1	1	1	1		1		
LS		1			1	1	1	1		1		
AS		1	1	1	1	1	1	1		1		
GS		1	1	1	1	1	1	1		1		
VL		1	1	1	1	1	1	1		1		
RLA											1	1
PCS		1	1	1	1	1	1	1		1		
REN			1	1	1	1	1			1		
IS	0	9	9	16	12	10	10	9	1	14	8	6

AP= altura de planta, CDH= calificación de daño por helada, NR=número de ramas, NH=número de hojas, ADS= Ancho del dosel, LDS= longitud del dosel, ABS=área basal, DF=días a floración, NRP= número de racimos por planta, LR=longitud de racimo, FR=frutos por racimo, DP=diámetro polar de fruto, DE= diámetro ecuatorial de fruto, PF= peso de fruto, LS= longitud de semilla, AS=Ancho de semilla, GS=grosor de semilla, PS=peso de semilla, VL= volumen de semilla, RLA= relación largo/ancho, PCS=peso de 100 semillas, REN=rendimiento de semilla.

Análisis multivariados

Análisis de componentes principales

De acuerdo al análisis de componentes principales, con los primeros dos componentes principales (CP) se explicó el 88 % de la variación total. Los valores propios de los componentes principales son para el CP1 es 12.07 relacionada con rendimiento, el valor para CP2 es de 7.20 relacionada con la morfología de la planta (Cuadro 8).

Cuadro 8. Valores propios del ACP de 12 variedades de higuera en Montecillo, siembra de julio ciclo enero-diciembre de 2014.

CP	Autovalor	Diferencia	Proporción	Acumulada
1	12.065	4.865	0.548	0.548
2	7.199	6.251	0.327	0.875
3	0.947	0.248	0.043	0.918
4	0.699	0.250	0.031	0.950
5	0.449	0.131	0.020	0.971

Las variables que más contribuyeron a la variación en el CP1 fueron **LR, PF, LS, AS, GS, VL** y **PCS**; en el CP2 fueron **AP, NH, ADS, LDS, ABS** y **NRP** variables relacionadas con la morfología de la planta como altura de planta, número de hojas, longitud del dosel y área basal (Cuadro 9)

Cuadro 9. Vectores propios del ACP de 12 variedades de higuera en Montecillo, siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014.

Variables	CP1	CP2	Variables	CP1	CP2
CDH	0.065	-0.329	DP	0.233	0.193
AP	-0.198	0.253	DE	0.245	0.180
NR	-0.216	0.226	PF	0.253	0.078
NH	-0.149	0.293	LS	0.259	0.141
ADS	-0.174	0.278	AS	0.272	0.111
LDS	-0.134	0.317	GS	0.275	0.086
ABS	-0.168	0.293	VL	0.267	0.129
DF	-0.165	-0.037	RLA	-0.251	-0.021
NRP	-0.036	0.348	PCS	0.269	0.114
LR	-0.265	-0.071	REN	0.062	0.337
FR	-0.222	-0.150	CDH	0.240	-0.134

AP= altura de planta, DT=diámetro de tallo, NR=número de ramas, NH=número de hojas, ADS= Ancho del dosel, LDS= longitud del dosel, ABS=área basal, DF=días a floración, NRP= número de racimos por planta, LR=longitud de racimo, FR=frutos por racimo, DP=diámetro polar de fruto, DE= diámetro ecuatorial de fruto, PF= peso de fruto, LS= longitud de semilla, AS=Ancho de semilla, GS=grosor de semilla, PS=peso de semilla, VL= volumen de semilla, RLA= relación largo/ancho, PCS=peso de 100 semillas, REN=rendimiento de semilla.

Las variedades que tuvieron las mayores frecuencias en los índices de selección: V4 (*Riric267-2*), V10 (*Riric1*) y V5 (*Riric10*) se conglomeraron en el grupo I del ACP, de acuerdo con estos resultados ambos métodos se convalidan. (Figura 3)

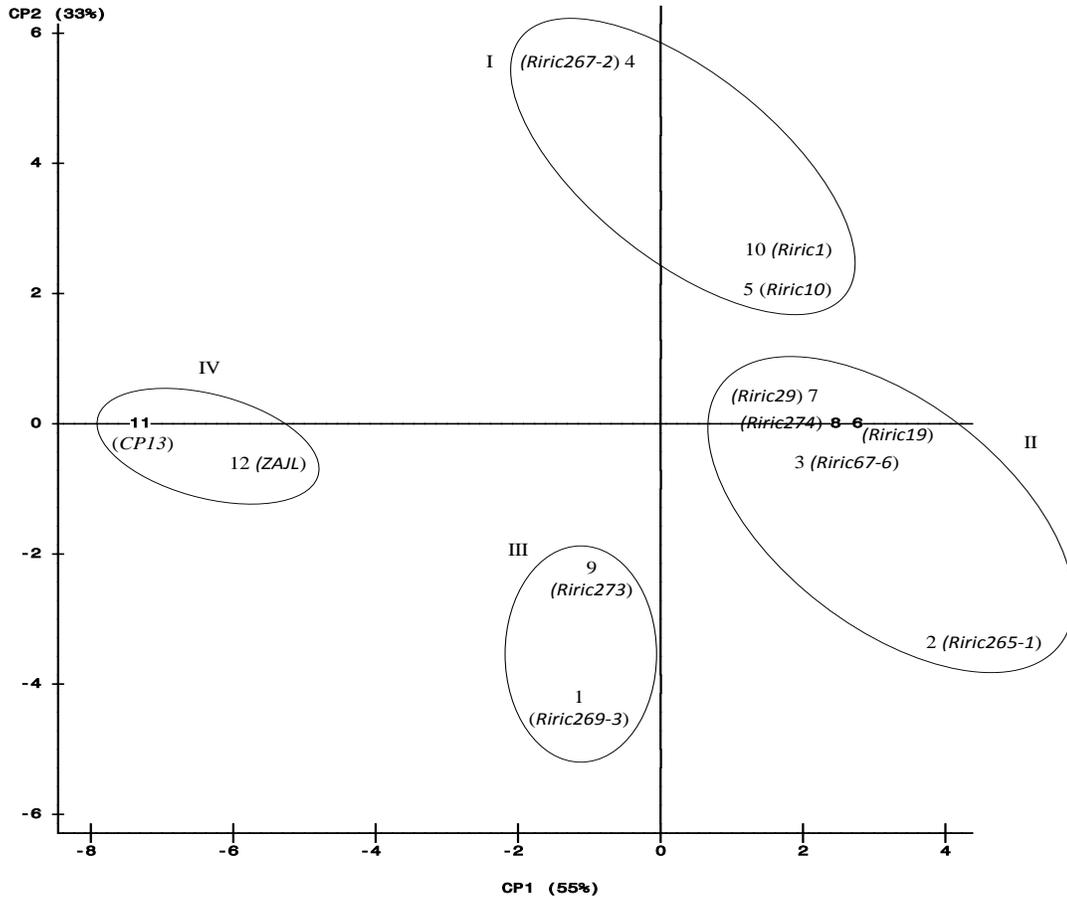


Figura 3. Distribución de las 12 variedades de higuera en Montecillo, siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014: v1, v2, v3, v4, v5, v6, v7, v8, v9, v10, v11 y v12.

Conglomerados

Para diferenciar como se vinculan los grupos que integran esta variación, se realizó el análisis de conglomerados. En el dendograma queda reflejada la formación del conglomerado de las variedades 3, 8 y 6 en un corte al nivel 0.3. Se puede comprobar que las variedades *CP13* y *Zajl2* pertenecen a una población diferente de acuerdo a un corte al nivel 1.20 y que las variedades mejoradas 1 a 10 guardan cierto vínculo o parentesco. Al realizar un corte a 0.80, se obtuvo la distribución que se enlista en el Cuadro 10.

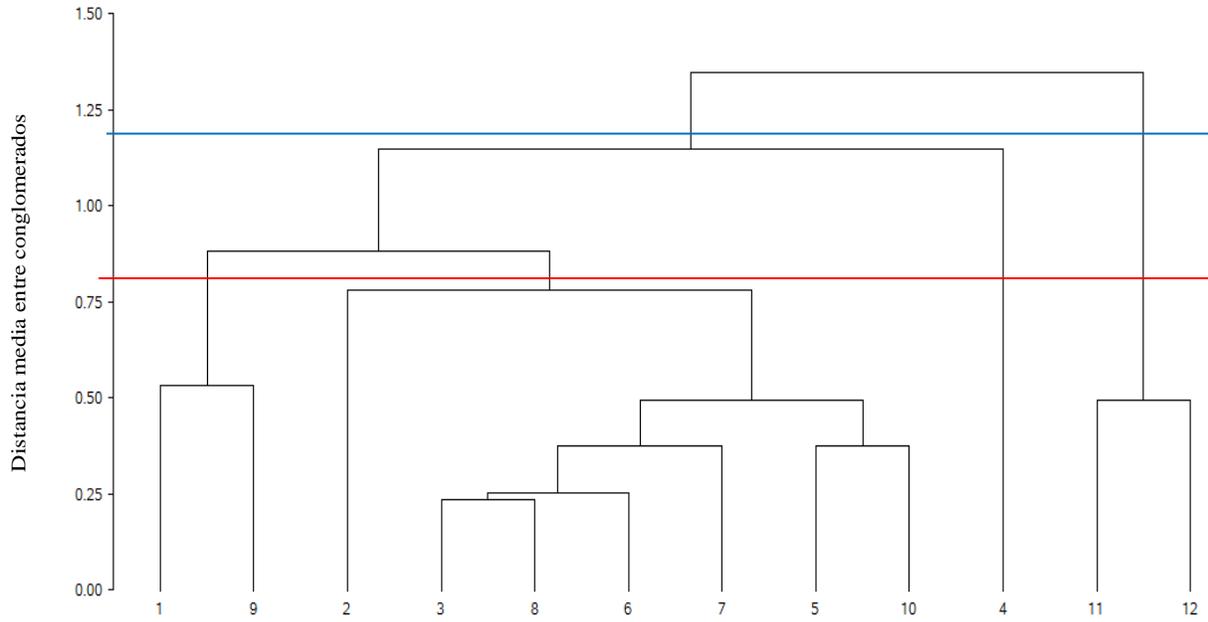


Figura 4. Dendrograma de conglomerados de las 12 variedades de higuera en Montecillo siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014.

Cuadro 10. División de conglomerados de 12 variedades de higuera en Montecillo siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014.

Clúster	Observación
1	1 (<i>Riric269-3</i>) y 9 (<i>Riric273</i>)
2	2 (<i>Riric265-1</i>), 3 (<i>Riric67-6</i>), 5 (<i>Riric10</i>), 6 (<i>Riric19</i>), 7 (<i>Riric29</i>), 8(<i>Riric274</i>) y 10 (<i>Riric1</i>)
3	4 (<i>Riric267-2</i>)
4	11 (<i>CP13</i>) y 12 (<i>ZAJL</i>)

Correlaciones

Las variables que más se correlacionaron con REN fueron: NH ($r=0.58$ $p<0.05$); ADS ($r=0.50$ $p>0.05$); LDS ($r=0.67$, $p<0.05$); ABS ($r=0.56$, $p>0.05$) y NRP($r= 0.84$, $p>0.01$). Se encontraron correlaciones negativas en IDH/AP ($r=-0.73$, $p>0.01$), IDH/NRP ($r=-0.86$, $p<0.01$), IDH/REN($r=-0.75$, $p<0.01$) lo que significa que a menor daño por efecto de las heladas mejor será al respuesta de la planta incidiendo directamente en el rendimiento. Otras correlaciones negativas fueron DF entre las más destacadas: DF/DP ($r=-0.54$, $p>0.05$); DF/DE ($r=-0.53$, $p>0.05$); DF/LS ($r=-0.56$, $p>0.05$); DF/AS ($r=-0.52$, $p>0.05$); DF/GS ($r=-0.53$ $p>0.05$) y DF/PCS ($r=-0.53$, $P>0.05$) entre menos días para floración las características de frutos y semillas se ven favorecidas (Cuadro 11).

Cuadro 11. Coeficientes de correlación entre caracteres morfológicos de planta, racimos, frutos, semillas y el rendimiento de grano de higuera en Montecillo, siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014.

	IDH	AP	NR	NH	ADS	LDS	ABS	DF	DH	NRP	LR	FR	DP	DE	PF	LS	AS	GS	VL	RLA	PCS	REN	
CDH	1																						
AP	-0.74	1																					
NR	-0.69	0.97	1																				
NH	-0.76	0.85	0.88	1																			
ADS	-0.73	0.93	0.90	0.89	1																		
LDS	-0.85	0.89	0.83	0.88	0.96	1																	
ABS	-0.80	0.92	0.89	0.89	0.99	0.98	1																
DF	-0.26	0.30	0.40	0.12	0.26	0.16	0.27	1															
CDH	0.55	-0.81	-0.83	-0.64	-0.75	-0.67	-0.77	-0.54	1														
NRP	-0.86	0.67	0.64	0.87	0.73	0.84	0.78	-0.13	-0.39	1													
LR	0.05	0.53	0.58	0.33	0.44	0.26	0.40	0.46	-0.74	-0.12	1												
FR	0.21	0.32	0.30	-0.01	0.16	0.05	0.14	0.27	-0.54	-0.32	0.85	1											
DP	-0.24	-0.18	-0.27	-0.01	-0.11	0.04	-0.07	-0.54	0.43	0.34	-0.77	-0.81	1										
DE	-0.22	-0.24	-0.33	-0.07	-0.17	-0.01	-0.12	-0.53	0.48	0.31	-0.82	-0.83	0.99	1									
PF	0.03	-0.43	-0.50	-0.31	-0.41	-0.29	-0.37	-0.48	0.54	0.02	-0.75	-0.73	0.92	0.94	1								
LS	-0.07	-0.34	-0.42	-0.17	-0.23	-0.10	-0.21	-0.56	0.62	0.19	-0.85	-0.85	0.95	0.97	0.90	1							
AS	-0.06	-0.44	-0.53	-0.28	-0.33	-0.17	-0.30	-0.52	0.69	0.14	-0.94	-0.86	0.90	0.93	0.86	0.97	1						
GS	0.01	-0.50	-0.59	-0.33	-0.37	-0.23	-0.35	-0.54	0.72	0.08	-0.94	-0.83	0.86	0.90	0.84	0.96	0.99	1					
VL	-0.07	-0.38	-0.47	-0.23	-0.29	-0.14	-0.26	-0.56	0.63	0.17	-0.89	-0.83	0.94	0.97	0.91	0.99	0.98	0.98	1				
RLA	-0.02	0.58	0.68	0.47	0.50	0.30	0.45	0.40	-0.75	0.02	0.94	0.67	-0.62	-0.70	-0.63	-0.74	-0.88	-0.89	-0.80	1			
PCS	-0.05	-0.42	-0.51	-0.28	-0.32	-0.17	-0.29	-0.54	0.61	0.13	-0.89	-0.83	0.94	0.96	0.92	0.98	0.98	0.97	0.99	-0.81	1		
REN	-0.75	0.48	0.35	0.58	0.51	0.67	0.56	-0.34	-0.12	0.84	-0.36	-0.40	0.63	0.62	0.38	0.51	0.46	0.41	0.51	-0.28	0.45	1	

CDH=intensidad de daños por heladas, AP= altura de planta, NR=número de ramas, NH=número de hojas, ADS= Ancho del dosel, LDS= longitud del dosel, ABS=área basal, DF=días a floración, NRP= número de racimos por planta, LR=longitud de racimo, FR=frutos por racimo, DP=diámetro polar de fruto, DE= diámetro ecuatorial de fruto, PF= peso de fruto, LS= longitud de semilla, AS=Ancho de semilla, GS=grosor de semilla, PS=peso de semilla, VL= volumen de semilla, RLA= relación largo/ancho, PCS=peso de 100 semillas, REN=rendimiento de semilla.

CONCLUSIONES

La higuera presentó una excelente recuperación cuando paso el periodo de heladas. De acuerdo a los mejores índices de selección, las variedades V4 (*Riric267-2*) de Uruapan, Michoacán, V5 (*Riric10*) de Unión Juárez y V10 (*Riric1*) de Cacahoatán, Chiapas fueron las de mejor adaptación a las condiciones del segundo ciclo que va de enero a diciembre de 2014. Este ambiente fue el que presentó la mejor producción y expresión de las variables que determinaron las variedades más destacadas.

Las variedades mostraron una reducción en los días a floración si se compara con el ciclo 1 de la siembra de abril de Montecillo, el número de días a floración varió de 57 a 75 días después del rebrote y en el ciclo uno de Montecillo siembra de abril varió de 99 a 149. El hecho que la expresión de las características sea mejor que la de los otros ambientes indica que se alcanzó un mayor vigor que en los otros ambientes en especial en relación al ciclo 2 de Montecillo siembra de abril que es el más comparable, y que este vigor permitió a las variedades sobresalientes aprovechar de mejor manera las condiciones favorables que caracterizaron el año 2014.

Se confirma que hay amplia adaptación o adaptación horizontal, dado que las dos variedades más notables fueron seleccionadas en Chiapas V4 originada en Uruapan Michoacán y V10 de Cacahoatán, Chiapas las cuales coinciden con el ambiente 2 pero no con el 1 ni con el 5. A la vez se aprecia cierto grado de adaptación específica o vertical.

Dado el alto nivel de rendimiento alcanzado en las variedades sobresalientes y la recuperación después de las heladas es palpable el potencial que se puede desplegar si se estudia la resistencia a las heladas y el mejor uso del periodo de condiciones termoplúviométricas favorables.

LITERATURA CITADA

Azevedo, D.M.P.; Lima, E.F. 2001. (ed.). O Agronegócio da mamona no Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 350p.

Hattam, M. and G. Q. Abbasi. 1994. Oil seed crops. Crop production. National Book Foundation Islamabad. pp. 362-366.

Lakshamma, P., M. Lakshminarayana, P. Lakshimmi, K. Alivelu, and C. Lavanya. 2009. Effect of defoliation on seed yield of castor (*Ricinus communis*). Indian Journal of Agricultural Science 79:620-623.

Lakshmi, P., P. Lakshamma, and M. Lakshminarayana. 2010. Contribution of upper leaves to seed yield of castor. Journal of Oilseeds Research 27:209-212.

Severino, L.S., M.A.O. Freire, A.M.A. Lucena, and L.S. Vale. 2010. Sequential defoliations influencing the development and yield components of castor plants (*Ricinus communis* L.). Industrial Crops and Products 32:400-404.

CAPÍTULO V

VARIABLES DE CRECIMIENTO, RACIMOS, FRUTOS Y SEMILLAS DE HIGUERILLA

(*Ricinus communis* L) EN TUXTLA CHICO, SIEMBRA DE JULIO

CICLO JULIO DE 2013 A SEPTIEMBRE DE 2014.

JOSÉ LUIS SOLÍS BONILLA, M.C.

COLEGIO DE POSTGRADUADOS, 2015

RESUMEN

En el presente capítulo se presenta el comportamiento de un grupo de variedades de higuierilla desarrolladas de julio 2013 a septiembre de 2014, descritas en el Capítulo III, sembradas en Tuxtla Chico, Chiapas en julio de 2013. Se determinaron variables de crecimiento y reproductivas e índices de selección en forma similar a los capítulos I y II. Se encontró variabilidad en las características de planta así como en las de racimos, frutos y semillas. De acuerdo a los índices de selección y componentes principales las variedades V3 (*Riric67-6*), 5(*Riric10*), 6 (*Riric19*), 7 (*Riric29*), 8 (*Riric274*) y 10 (*Riric1*) fueron las de mejor adaptación a las condiciones de siembra de julio en Tuxtla Chico los rasgos en los que más destacaron fueron tamaño de fruto y semilla, porte bajo y precocidad (DF) en tanto que las variedades no mejoradas al igual que en los capítulos anteriores sobresalieron en longitud de racimo (LR) y frutos por racimo (FR). Las Lluvias fuertes en floración y fructificación provocaron considerables pérdidas de producción debido a la caída de los frutos. Las condiciones ambientales en este lugar afectaron de manera negativa las características de racimos, frutos y semillas así como el rendimiento agronómico.

Palabras claves: clima tropical, adaptación, producción.

INTRODUCCIÓN

El INIFAP desde el año 2008, inició los trabajos de descripción y evaluación de variedades de higuera, disponía en Tuxtla Chico las cuales comprendieron 375 genotipos originarios de los estados de Michoacán, Chiapas, Veracruz, Jalisco, Oaxaca, Guanajuato, Yucatán, Morelos y Guerrero concentrados en un Banco de Germoplasma. Se seleccionaron 16 materiales por características morfológicas y agronómicas los cuales fueron evaluados en diversos estados del País. Los resultados mostraron gran variación en el comportamiento agronómico, en función de los sitios experimentales (Zamarripa, 2011). En Tuxtla Chico ambiente de trópico húmedo, destacaron los genotipos *INIFAP RIRIC-274*, *INIFAP RIRIC-29* e *INIFAP RIRIC-19* con rendimientos de grano de 1.86 a 2.53 t ha⁻¹ (Zamarripa 2011; Solís *et al.*, 2011). Derivado de estas evaluaciones se seleccionaron 10 materiales para esta tesis.

Távora (1982) recomienda que en las zonas de alta precipitación la siembra puede ser retrasada con el objetivo de que las lluvias fuertes no se presenten en la etapa de maduración y secado de los frutos, ya que estas provocan considerables pérdidas de producción debido a la caída de los frutos. El exceso de humedad es perjudicial en cualquier periodo del ciclo del cultivo, siendo más crítico en las fases de plántulas, madurez y cosecha (Azevedo *et al.*, 1997; Pavón, 2011), además el cultivo en zonas muy húmedas favorece la incidencia de enfermedades (Seara, 1989). Suelos con fertilidad elevada favorecen el crecimiento vegetativo excesivo, prolongando el periodo de madurez y expandiendo considerablemente el periodo de floración (Azevedo *et al.*, 1997; Hemerly, 1981). La época de siembra ejerce una gran influencia en el rendimiento y la calidad de la semilla de higuera, dependiendo de las condiciones climáticas de cada región (Queiroga y Beltrao, 2004). En las regiones tropicales, existe una relación directa entre la siembra y el rendimiento de los cultivos. Mazzani, (1983) menciona que existe una reducción drástica de rendimiento de grano debido a la siembra tardía.

Por todo lo anterior, el objetivo de este trabajo fue estudiar la variabilidad y adaptación de un grupo de variedades de higuera en un ciclo que fue de julio 2013 a septiembre de 2014 (A5).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en el Campo Experimental Rosario Izapa, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en el municipio de Tuxtla Chico, Chiapas con coordenadas geográficas 92° 09' longitud Oeste y 14° 58' latitud Norte a una altitud de 435 msnm, área de selva tropical húmeda. El clima predominante en el área de influencia es de Aw2 (w) Ig correspondiendo al más húmedo de los cálidos sub-húmedos tropicales con lluvias en verano (García, 1973). La precipitación y la temperatura media anual son de 4,194 mm y 26 °C respectivamente. La distribución pluvial ocurrió de mayo a mediados de noviembre con régimen monomodal, con la gran sequía invernal (GSI) de finales de noviembre hasta mediados de marzo. La precipitación durante la estación de crecimiento del cultivo, de julio de 2013 a septiembre de 2014, fue 7,585 mm (Figura 1).

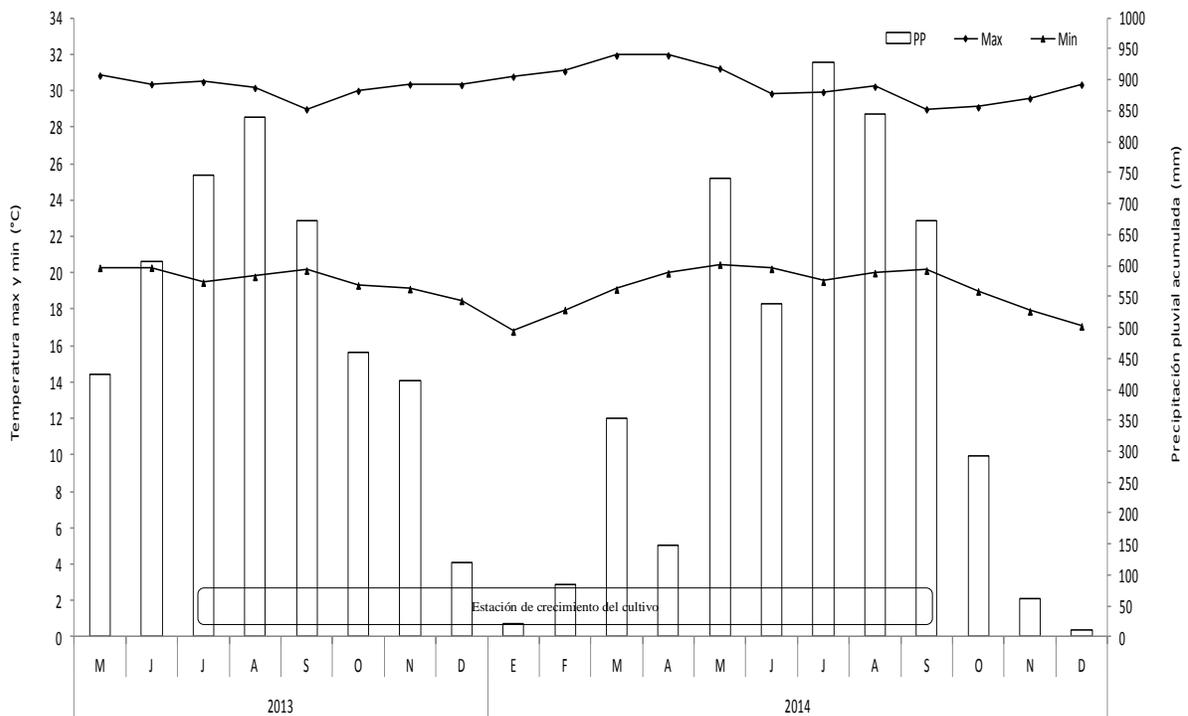


Figura 1. Precipitación pluvial durante la estación de crecimiento del experimento en Tuxtla Chico siembra de julio, ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014.

De acuerdo a los resultados de los análisis de suelo, se trata de un suelo franco arenoso, moderadamente ácido, sin problemas de salinidad, con porcentajes de materia orgánica (M.O.) de 7 % (Cuadro 1).

Cuadro 1. Principales propiedades del suelo del lote experimental en Tuxtla Chico.

Localidad	Textura	pH	CE	CIC	M.O	N	P	K	Ca	Mg	Na
			dS m ⁻¹	meq/100g	(%)	total			cmol kg ⁻¹		
A4	Franco	5.1	0.03	5.55	7.50	0.32	2.0	0.15	3.99	0.93	0.48

El experimento se estableció el 26 de julio de 2013. La información referente a las variedades en estudio y del diseño del experimento se establecen en el apartado “Materiales y Métodos” del capítulo III. Las variables en estudio, diseño estadístico, modelos y análisis empleados así como programa utilizado se señalan en las páginas 31 y 32.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis factorial con fechas y variedades

Se detectó significancia en repeticiones, fechas y variedades en siete características evaluadas, la interacción variedades x fechas no fue significativa para el ancho del dosel (ADS) ni para la longitud del dosel (LDS) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cuadrados medios y significancia de las características morfológicas de la planta en Tuxtla Chico, siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014.

FV	GL	AP	DT	NR	NH	ADS	LDS	ABS
Repeticiones	2	70.5**	2.9**	10.8**	15.7**	62.4**	71.4**	2.8**
Fechas	9	3192.2**	57.4**	43.5**	745.1**	4380.6**	3809.4**	156.5**
Error a	18	5.5	0.3	0.1	1.6	3.1	3.6	0.2
Variedades	11	99.6**	1.2**	6.2**	35.3**	66.4**	75.6**	2.9**
Var x Fech	99	4.7**	0.1**	0.4**	3.8**	2.3ns	1.5ns	0.2**
Error b	198	1.15	0.03	0.2	1.1	1.7	1.7	0.1
CV		19.33	15.90	22.23	29.53	17.82	16.00	36.38
R ²		0.89	0.90	0.66	0.79	0.91	0.90	0.89

FV=fuente de variación, GL= grados de libertad, AP= altura de planta, DT=diámetro de tallo, NR=número de ramas, NH=número de hojas, ADS= Ancho del dosel, LDS= longitud del dosel, ABS=área basal, ** Diferencias significativas a 0.01 de probabilidad, *Diferencias significativas a 0.05 de probabilidad, ns = no significativo

Comparación de medias de variedades de las características morfológicas de planta

El índice de selección se determinó de la manera que se indicó en la página 34, en esta evaluación sobresalen las variedades: 3 (*Riric67-6*) y 5(*Riric10*) con índices de 5 y 4, respectivamente. Se encontró baja frecuencia de plantas altas, por otra parte las características con más frecuencia fueron ADS, LDS y ABS. La variedad no mejorada *Zajl2* sobresalió en rasgos de DT así como del dosel, indicativo de la capacidad de adaptación de este material al ambiente de trópico húmedo de Tuxtla Chico, mientras tanto la otra variedad no mejorada *CPI3* no destacó en ninguna de las siete características de planta evaluadas, limitada por las condiciones del A5. (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación de medias de las características morfológicas de planta e índice de selección de las variedades de higuera en Tuxtla Chico, siembra de julio, ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014.

Variedades	AP (cm)	DT (cm)	NR	NH	ADS (cm)	LDS (cm)	ABS (m ²)	IS
1	79.2 d	2.16 bc	9.64 a	29.5 a	113.9 bc	127.6 cd	1.86 bcd	2
2	79.3 d	1.70 e	5.89 de	18.9 e	102.4 de	115.2 ef	1.63 cd	0
3	110.5 a	2.13 bc	5.89 de	26.3 ab	125.5 a	144.6 a	2.38 a	5
4	75.6 d	1.74 e	6.67 cd	20.9 cde	95.9 e	107.1 f	1.57 d	0
5	97.8 b	2.29 b	8.07 b	25.8 ab	123.9 ab	140.5 ab	2.32 a	4
6	95.6 b	1.89 de	5.66 de	22.4 bcde	116.5 abc	131.5 bcd	2.11 ab	2
7	81.6 d	2.23 b	6.33 cd	18.3 e	121.4 ab	135.5 abc	1.84 bcd	2
8	100.6 b	1.98 cd	6.31 cd	25.0 bc	119.6 abc	136.1 abc	2.28 ab	3
9	93.4 bc	1.82 de	5.26 ef	19.1 e	110.4 cd	122.1 de	1.88 bcd	0
10	84.9 cd	2.31 ab	7.82 b	24.0 bcd	124.5 a	138.7 ab	2.05 abc	3
11	48.6 e	1.50 f	4.47 f	8.5 f	85.1 f	96.4 g	0.87 e	0
12	96.1 b	2.49 a	7.16 cd	20.4 de	116.3 abc	127.9 cd	2.13 ab	3
Media	87.0	2.02	6.60	21.6	113.0	126.9	1.91	-
+ Frec-pc	1	1	1	3	7	5	6	-

AP= altura de planta (cm), DT=diámetro de tallo (cm), NR=número de ramas, NH=número de hojas, ADS= Ancho del dosel (cm), LDS= longitud del dosel (cm), ABS=área basal (m²), IS=índice de selección.+ frecuencia de "aes" por característica. Promedios con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales Duncan (P≤0.05).

Análisis de una sola lectura

Características de racimos y frutos

Los resultados del análisis de variación se sintetiza en el Cuadro 4, hubo significancia en repeticiones solo en las variables días a floración y número de racimos por planta. Para variedades se detectó significancia para los siete caracteres en estudio.

Cuadro 4. Cuadrados medios y significancia de las características de racimos y frutos en Tuxtla Chico, siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014.

FV	GL	DF	NRP	LR	FR	DP	DE	PF
Repeticiones	2	3.99**	6.00**	0.17ns	0.42ns	0.02ns	0.02ns	0.09ns
Variedades	11	6.41**	5.83**	5.02**	14.41**	0.18**	0.19**	1.20**
CV		6.84	20.00	9.05	15.77	8.47	8.66	17.57
R ²		0.61	0.63	0.85	0.84	0.61	0.61	0.64

*FV=fuente de variación, GL= grados de libertad, DF=días a floración, NRP= número de racimos por planta, LR=longitud de racimo, FR=frutos por racimo, DP=diámetro polar de fruto, DE= diámetro ecuatorial de fruto, PF= peso de fruto, ** Diferencias significativas a 0.01 de probabilidad, * diferencias significativas a 0.05 de probabilidad ns = no significativo*

Comparación de medias de variedades de las características de racimos y frutos e índice de selección.

Al igual que en capítulos anteriores, se elaboró un índice de selección en el que intervinieron todas las variables de respuesta con significancia, según se indica en la página 36, en el caso particular de la variable días a floración se les asignó el “1” a las que tienen letra “f”. Sobresalen las variedades: 3(*Riric67-6*) y 8(*Riric274*) por su índice de selección de 5. También se detectaron a las variedades 2 (*Riric265-1*) y 7 (*Riric29*) con IS de 4. Las característica con más frecuencia fueron las de tamaño de fruto que son DP, DE y PF. En segundo término el rasgo con mayor frecuencia fue el número de racimos por planta. La variedad no mejorada *Zajl2* sobresalió en la característica de longitud de racimo mientras que la no mejorada *CP13* en frutos por racimo (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comparación de medias de las características de racimos y frutos e IS de las variedades de higuierilla en Tuxtla Chico, siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014.

Var	DF	NRP	LR (cm)	FR	DP (cm)	DE (cm)	PF (g)	IS
1	137 abc	12.2 cd	16.5 c	21.7 c	1.73 b	1.70 cd	2.36 bc	0
2	121 de	22.0 <u>ab</u>	10.1 f	9.2 e	2.29 <u>a</u>	2.24 <u>ab</u>	3.45 <u>ab</u>	4
3	100 <u>f</u>	26.2 <u>a</u>	11.5 ef	8.3 e	2.25 <u>a</u>	2.23 <u>ab</u>	3.32 <u>ab</u>	5
4	123 cde	19.0 bc	14.9 c	10.3 de	2.21 <u>a</u>	2.23 <u>ab</u>	3.30 <u>ab</u>	3
5	116 de	16.9 bc	12.6 de	10.7 de	2.54 <u>a</u>	2.52 <u>a</u>	4.37 <u>a</u>	3
6	119 de	14.3 cd	10.6 ef	8.9 e	2.31 <u>a</u>	2.28 <u>ab</u>	3.36 <u>ab</u>	3
7	137 abc	25.9 <u>a</u>	9.4 f	9.5 de	2.30 <u>a</u>	2.27 <u>ab</u>	3.36 <u>ab</u>	4
8	115 def	21.6 <u>a</u>	10.5 ef	7.7 e	2.54 <u>a</u>	2.49 ab	3.37 <u>ab</u>	5
9	111 <u>ef</u>	13.5 cd	14.4 cd	14.7 d	1.70 b	1.82 bc	1.67 cd	1
10	139 ab	18.0 bc	9.2 f	8.8 e	2.29 <u>a</u>	2.23 <u>ab</u>	3.26 <u>ab</u>	3
11	150 a	8.5 d	25.5 b	44.7 <u>a</u>	1.42 b	1.32 d	0.78 d	1
12	129 bcd	7.6 d	28.3 <u>a</u>	34.4 b	1.55 b	1.47 cd	1.28 cd	1
Media	125	17.1	14.5	15.7	2.09	2.07	2.82	-
⁺ Frec-pc	3	4	1	1	8	8	8	-

DF=días a floración, NRP= número de racimos por planta, LR=longitud de racimo (cm), FR=frutos por racimo, DP=diámetro polar de fruto (cm), DE= diámetro ecuatorial de fruto (cm), PF= peso de fruto (g), IS=índice de selección. ⁺frecuencia de “aes” por característica. Promedios con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales Duncan ($P \leq 0.05$).

Características de semillas

Hubo significancia en repeticiones en las variables longitud de semilla, ancho de semilla, peso de 100 semillas y rendimiento. Para variedades se detectó significancia para las seis características de semillas evaluadas (Cuadro 6)

Cuadro 6. Cuadrados medios y significancia de las características de semillas en Tuxtla Chico, siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014.

FV	GL	LS	AS	GS	RLA	PCS	REN
Repeticiones	2	0.08**	0.05**	0.0003ns	0.008ns	176.44*	137.74**
Variedades	11	0.54**	0.66**	0.12**	0.23**	4788.13**	107.93**
CV		5.12	5.41	3.98	5.40	9.57	23.55
R ²		0.87	0.92	0.91	0.77	0.92	0.57

FV=fuente de variación, GL= grados de libertad, LS= longitud de semilla, AS=Ancho de semilla, GS=grosor de semilla, RLA= relación largo/ancho, PCS=peso de 100 semillas, REN=rendimiento de semillas, ** Diferencias significativas a 0.01 de probabilidad, * diferencias significativas a 0.05 de probabilidad, ns = no significativo

Comparación de medias de variedades de las características de semillas e índice de selección

Las variedades sobresalientes dentro de cada característica son aquellas marcadas con la letra “a” que corresponden a las estadísticamente iguales y superiores, la variedad 7 (*Riric29*) destacó por su mayor índice de selección con valor de 5. También resaltan las variedades 3(*Riric67-6*), 6 (*Riric19*), y 10 (*Riric1*) con índices de selección de 4. Las características con más frecuencia fueron longitud de semilla, ancho de semilla y el peso de 100 semillas. La elevada precipitación y otros problemas de manejo provocaron caída de flores y frutos causando una reducción de alrededor del 86% en el rendimiento del cultivo, de igual forma fue factor determinante para el peso de semilla. Respecto a A4 que fue el ambiente de mayor rendimiento (Apéndice 6). Las características que tuvieron un efecto desfavorable en el ambiente A5 en más de 50% fueron: DF que se alargó 186 %; los siguientes sufrieron una reducción NH de 94, ABS 89, REN 86, PF 72, NRP 79, ADS 79, LDS 66, AP 63, FR 60 y NR 49 (Apéndice 6) lo que plantea un análisis y posibilidades de estudios ecofisiológicos de muchas aristas.

Cuadro 7. Comparación de medias de las características de semillas e IS en las variedades de higuierilla en Tuxtla Chico, siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014.

Var	LS (cm)	AS (cm)	GS (cm)	RLA	PCS (g)	REN (g p ⁻¹)	IS
1	1.30 c	1.00 c	0.66 e	1.30 d	35.49 d	398 bcd	0
2	1.63 <u>ab</u>	1.26 b	0.75 cd	1.29 d	66.15 bc	464 <u>abc</u>	2
3	1.64 <u>ab</u>	1.30 <u>ab</u>	0.76 cd	1.26 d	68.58 <u>ab</u>	600 <u>a</u>	4
4	1.61 b	1.27 b	0.73 d	1.26 d	62.75 c	401 bcd	0
5	1.65 <u>ab</u>	1.32 <u>ab</u>	0.77 bc	1.25 d	66.61 bc	433 <u>abc</u>	3
6	1.70 <u>a</u>	1.34 <u>a</u>	0.80 <u>a</u>	1.27 d	71.89 <u>a</u>	394 bcd	4
7	1.68 <u>a</u>	1.32 <u>ab</u>	0.78 <u>ab</u>	1.28 d	68.05 <u>ab</u>	575 <u>ab</u>	5
8	1.64 <u>ab</u>	1.30 <u>ab</u>	0.75 cd	1.26 d	67.55 <u>ab</u>	383 bcd	3
9	1.35 c	1.00 c	0.64 e	1.37 c	38.59 d	359 cd	0
10	1.68 <u>a</u>	1.29 <u>ab</u>	0.76 c	1.31 d	67.61 <u>ab</u>	503 <u>abc</u>	4
11	1.11 d	0.65 e	0.49 f	1.72 <u>a</u>	16.44 e	220 de	1
12	1.16 d	0.71 d	0.51 f	1.63 b	19.81 e	168 e	0
Media	1.51	1.15	0.70	1.35	54.13	408	-
+Frec	7	6	2	1	5	5	-

LS= longitud de semilla (cm), AS=Ancho de semilla (cm), GS=grosor de semilla (cm), RLA= relación largo/ancho, PCS=peso de 100 semillas (g), REN=rendimiento de semillas (g p⁻¹), IS=índice de selección. +frecuencia de “aes” por característica. Promedios con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales Duncan (P≤0.05).

En el Cuadro 8, se presenta el índice de selección (IS), obtenido de sumar los índices parciales de los Cuadros 3, 5 y 7, con este argumento la variedad 3 (*Riric67-6*) destacó por su mayor IS con valor de 14, en un segundo término las variedades 5(*Riric10*), 7(*Riric29*) y 8(*Riric274*) con valores de IS de 11.

Cuadro 8. Índice de selección de 12 variedades de higuera en Tuxtla Chico, siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014.

Variables	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12
	<i>Riric269-3</i>	<i>Riric265-1</i>	<i>Riric67-6</i>	<i>Riric267-2</i>	<i>Riric10</i>	<i>Riric19</i>	<i>Riric29</i>	<i>Riric274</i>	<i>Riric273</i>	<i>Riric1</i>	CP13	Zajl2
AP			1	1								
DT												1
NR	1											
NH	1		1		1							
ADS			1		1	1	1	1		1		1
LDS			1		1		1	1		1		
ABS			1		1	1		1		1		1
DF		1	1	1	1	1		1	1			
NRP		1	1				1	1				
LR												1
FR											1	
DP		1	1	1	1	1	1	1		1		
DE		1	1	1	1	1	1	1		1		
PF		1	1	1	1	1	1	1		1		
LS		1	1		1	1	1	1		1		
AS			1		1	1	1	1		1		
GS						1	1					
RLA											1	
PCS			1			1	1	1		1		
REN		1	1		1		1			1		
IS	2	7	14	5	11	10	11	11	1	10	2	4

AP= altura de planta, DT=diámetro de tallo, NR=número de ramas, NH=número de hojas, ADS= Ancho del dosel, LDS= longitud del dosel, ABS=área basal, DF=días a floración, NRP= número de racimos por planta, LR=longitud de racimo, FR=frutos por racimo, DP=diámetro polar de fruto, DE= diámetro ecuatorial de fruto, PF= peso de fruto, LS= longitud de semilla, AS=Ancho de semilla, GS=grosor de semilla, PS=peso de semilla, RLA= relación largo/ancho, PCS=peso de 100 semillas, REN=rendimiento de semilla.

Análisis multivariados

Análisis de componentes principales

De acuerdo al análisis de componentes principales, con los primeros tres componentes principales (CP) se explicó el 83 % de la variación total. Los valores propios de los componentes principales son para el CP1 es 13.15, el valor para CP2 es de 3.51 y el de CP3 de 1.4 % (Cuadro 9). La componente uno está

relacionada con caracteres de la semilla, la dos con caracteres del desarrollo vegetativo y la tres con altura de planta y días a floración (cuadro 10)

Cuadro 9. Valores propios del ACP de 11 variedades de higuera en Tuxtla Chico, siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre 2014.

CP	Autovalor	Diferencia	Proporción	Acumulada
1	13.157	9.645	0.658	0.658
2	3.512	2.065	0.176	0.833
3	1.447	0.649	0.072	0.906
4	0.798	0.250	0.039	0.945
5	0.547	0.281	0.027	0.973

Las variables que contribuyeron a la variación en el CP1 fueron **FR** y lo concerniente con el tamaño de fruto (**DP, DE y PF**) y semilla (**LS, AS, GS y PCS**); en el CP2 fueron **DT, NR, NH, ADS, LDS y ABS** variables relacionadas con la morfología de la planta (Cuadro 10)

Cuadro 10. Vectores propios del ACP de 12 variedades de higuera en Tuxtla Chico siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014.

Variables	CP1	CP2	CP3	Variables	CP1	CP2	CP3
AP	0.187	0.289	-0.408	FR	-0.263	0.092	0.035
DT	0.094	0.446	0.187	DP	0.254	-0.111	0.037
NR	0.072	0.321	0.561	DE	0.259	-0.115	-0.006
NH	0.190	0.296	0.129	PF	0.256	-0.083	0.139
ADS	0.199	0.330	-0.017	LS	0.258	-0.158	0.039
LDS	0.208	0.308	-0.041	AS	0.264	-0.138	0.055
ABS	0.202	0.333	-0.205	GS	0.263	-0.127	0.084
DF	-0.161	-0.056	0.600	RLA	-0.256	0.067	-0.091
NRP	0.219	-0.183	-0.043	PCS	0.259	-0.160	0.016
LR	-0.246	0.174	-0.071	REN	0.227	-0.118	0.123

AP= altura de planta, DT=diámetro de tallo, NR=número de ramas, NH=número de hojas, ADS= Ancho del dosel, LDS= longitud del dosel, ABS=área basal, DF=días a floración, NRP= número de racimos por planta, LR=longitud de racimo, FR=frutos por racimo, DP=diámetro polar de fruto, DE= diámetro ecuatorial de fruto, PF= peso de fruto, LS= longitud de semilla, AS=Ancho de semilla, GS=grosor de semilla, PS=peso de semilla, RLA= relación largo/ancho, PCS=peso de 100 semillas, REN=rendimiento de semilla.

Las variedades que tuvieron las mayores frecuencias en los índices de selección: 3(*Riric67-6*) y un segundo grupo 5(*Riric10*), 6(*Riric19*) 7(*Riric29*), 8(*Riric274*) y 10(*Riric1*) se conglomeraron en el grupo III del ACP con la diferencia que en las componentes principales las variables están confundidas y en los índices están explícitas, de cualquier forma de acuerdo con estos resultados ambos métodos se convalidan. (Figura 2)

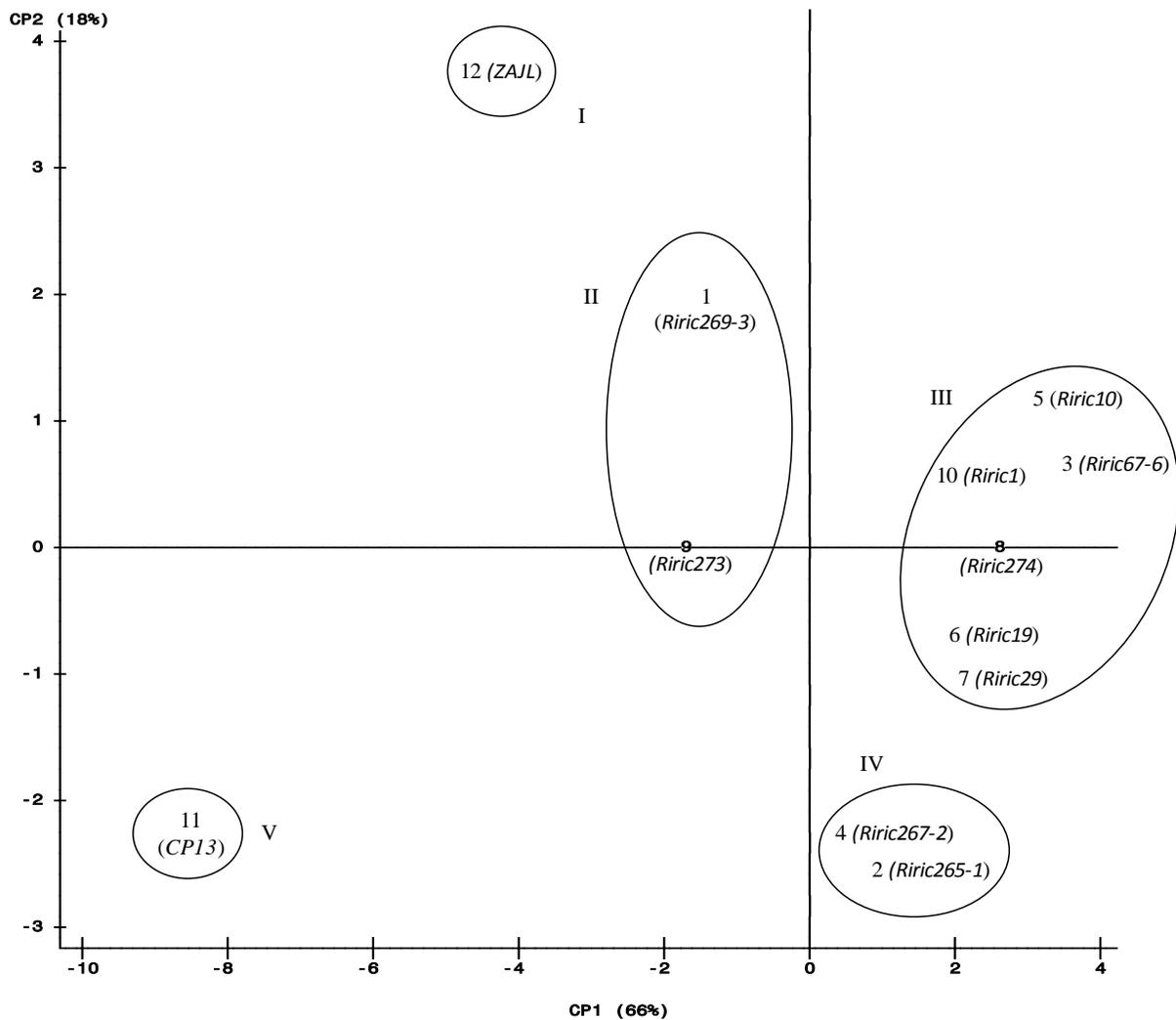


Figura 2. Distribución de las 12 variedades de higuera en Tuxtla Chico siembra de julio ciclo julio 2013 a septiembre de 2014: v1, v2, v3, v4, v5, v6, v7, v8, v9, v10, v11 y v12.

Conglomerados

Para diferenciar como se vinculan los grupos que integran esta variación, se realizó el análisis de conglomerados. En el dendograma queda reflejada la formación del conglomerado de las variedades 2 y 4, con origen Barranca Honda y Uruapan, Michoacán, en un corte al nivel 0.3. Se puede comprobar que la variedad *CPI3* pertenecen a una población diferente de acuerdo a un corte al nivel 1.25 y que las variedades mejoradas 1 a 10 guardan cierto vínculo. La variedad *Zajl2* no mejorada en este ambiente presenta cierta relación o parentesco con las mejoradas. Al realizar un corte a 0.80, se obtuvo la distribución que se enlista en el Cuadro 11.

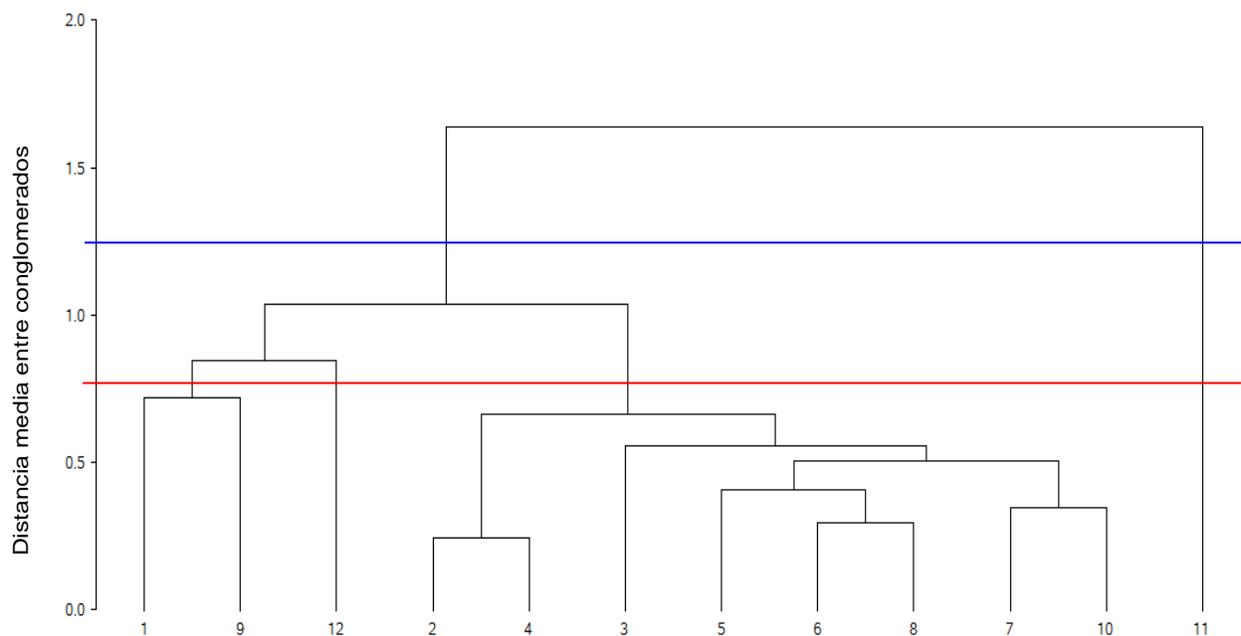


Figura 3. Dendograma de conglomerados de las 12 variedades de higuera en Tuxtla Chico, siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014.

Cuadro 11. División de conglomerados de 12 variedades de higuera en Tuxtla Chico siembra de julio ciclo julio 2013 a septiembre 2014.

Clúster	Observación
1	1 (<i>Riric269-3</i>) y 9 (<i>Riric273</i>)
2	12 (<i>ZAJL</i>)
3	2 (<i>Riric265-1</i>), 3 (<i>Riric67-6</i>), 4 (<i>Riric267-2</i>), 5 (<i>Riric10</i>), 6 (<i>Riric19</i>), 7 (<i>Riric29</i>), 8(<i>Riric274</i>) y 10 (<i>Riric1</i>)
4	11 (<i>CP13</i>)

Correlaciones

Las variables que más se correlacionaron con REN fueron: NRP ($r=0.89$, $p<0.01$); PF ($r=0.74$, $p<0.01$), PCS; ($r=0.89$, $p>0.01$). Otras correlaciones positivas fueron NRP/PF ($r=0.73$, $p<0.1$), NRP/ PCS ($r=0.82$, $p<0.01$), LR/FR ($r=0.93$, $p<0.01$) y PF/PCS ($r=0.93$, $p<0.01$).

Se encontraron correlaciones negativas en DF/PCS ($r=-0.47$, $p>0.05$) lo que significa que a menos días a floración mayor será el peso de semilla. Otras correlaciones negativas fueron NRP/FR ($r=-0.78$, $p<0.01$), NRP/LR ($r=-0.79$, $p<0.01$), LR/PF ($r=-0.83$, $p<0.01$) LR/PCS ($r=-0.92$, $p<0.01$), LR/REN ($r=-0.86$, $p<0.01$), FR/PF ($r=-0.87$, $p<0.01$), FR/PCS ($r=-0.93$, $p<0.01$), FR/REN ($r=-0.79$, $p<0.01$) entre más compacto el racimo las características de frutos y semillas se ven favorecidas (Cuadro 12). En este ambiente destacó la variedad 3 de Frontera Comalapa, Chipas en 14 características: AP, NH, ADS, LDS, ABS, DF, NRP, DP, DE, PF, LS, AS, PCS Y REN. Hubo otro grupo secundario formado por las variedades 5, 6, 7, 8, y 10; todas ellas mejoradas.

Cuadro 12. Coeficientes de correlación entre caracteres morfológicos de planta, racimos, frutos, semillas y el rendimiento de grano de higuierilla en Tuxtla Chico, siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014.

	AP	DT	NR	NH	ADS	LDS	ABS	DF	NRP	LR	FR	DP	DE	PF	LS	AS	GS	RLA	PCS	REN	
AP	1																				
DT	0.57	1																			
NR	0.18	0.66	1																		
NH	0.70	0.59	0.74	1																	
ADS	0.82	0.82	0.45	0.73	1																
LDS	0.83	0.78	0.42	0.74	0.99	1															
ABS	0.96	0.72	0.40	0.81	0.92	0.92	1														
DF	-0.82	-0.05	0.16	-0.47	-0.41	-0.45	-0.66	1													
NRP	0.37	0.06	-0.08	0.30	0.40	0.45	0.35	-0.44	1												
LR	-0.38	-0.02	-0.08	-0.45	-0.49	-0.52	-0.42	0.40	-0.80	1											
FR	-0.59	-0.15	-0.15	-0.59	-0.56	-0.58	-0.60	0.59	-0.79	0.94	1										
DP	0.49	0.17	0.14	0.48	0.53	0.57	0.56	-0.46	0.77	-0.84	-0.87	1									
DE	0.53	0.15	0.12	0.50	0.53	0.57	0.58	-0.53	0.77	-0.87	-0.92	0.99	1								
PF	0.47	0.23	0.30	0.58	0.53	0.57	0.55	-0.44	0.73	-0.83	-0.87	0.96	0.96	1							
LS	0.45	0.12	0.06	0.44	0.51	0.54	0.50	-0.44	0.81	-0.92	-0.93	0.95	0.96	0.93	1						
AS	0.48	0.13	0.14	0.53	0.53	0.56	0.53	-0.48	0.81	-0.94	-0.96	0.95	0.96	0.95	0.99	1					
GS	0.47	0.14	0.17	0.54	0.55	0.58	0.53	-0.45	0.79	-0.95	-0.95	0.92	0.94	0.94	0.98	0.99	1				
RLA	-0.52	-0.15	-0.33	-0.70	-0.53	-0.56	-0.57	0.54	-0.73	0.90	0.96	-0.83	-0.88	-0.88	-0.87	-0.93	-0.94	1			
PCS	0.47	0.10	0.06	0.46	0.50	0.54	0.51	-0.47	0.82	-0.92	-0.94	0.96	0.96	0.94	1.00	0.99	0.98	-0.88	1		
REN	0.35	0.17	0.13	0.44	0.52	0.56	0.38	-0.34	0.89	-0.86	-0.80	0.69	0.71	0.74	0.80	0.82	0.84	-0.79	0.81	1	

AP= altura de planta, DT=diámetro de tallo, NR=número de ramas, NH=número de hojas, ADS= Ancho del dosel, LDS= longitud del dosel, ABS=área basal, DF=días a floración, NRP= número de racimos por planta, LR=longitud de racimo, FR=frutos por racimo, DP=diámetro polar de fruto, DE= diámetro ecuatorial de fruto, PF= peso de fruto, LS= longitud de semilla, AS=Ancho de semilla, GS=grosor de semilla, PS=peso de semilla, RLA= relación largo/ancho, PCS=peso de 100 semillas, REN=rendimiento de semilla.

CONCLUSIONES

Comparando con el ambiente 4 que mostró el mayor rendimiento no hubo una adaptación satisfactoria ya que la mayoría de los caracteres tuvieron un efecto detrimental en este ambiente. Dentro de esa situación destacó la variedad 3(*Riric67-6*) de Frontera Comalapa y un grupo secundario formado por las variedades 5(*Riric10*) de Unión Juárez, 6 (*Riric19*) de Villa Corzo, 7 (*Riric29*) de Villaflores, 8 (*Riric274*) de Unión Juárez y 10 (*Riric1*) de Cacahoatán; todas ellas mejoradas. Las variables que más se correlacionaron con REN fueron: NRP, PF y PCS. Se encontraron correlaciones negativas en días a floración: NRP, DP, DE, PF, LS, AS, GS y PCS.

La elevada precipitación y otros problemas de manejo provocaron caída de flores y frutos causando una reducción de alrededor del 86 % en el rendimiento del cultivo respecto a A4 que fue el ambiente de mayor rendimiento (Apéndice 6). Los caracteres que tuvieron un efecto desfavorable del ambiente A5 en más de 50% fueron DF que se alargó 186 %; los siguientes sufrieron una reducción NH de 94, ABS 89, REN 86, PF 72, NRP 79, ADS 79, LDS 66, AP 63, FR 60 y NR 49 (Apéndice 6) lo que plantea un análisis y posibilidades de estudios ecofisiológicos de muchas aristas para superar estas limitantes.

Las variedades que destacaron fueron mejoradas en este ambiente lo que indica que el mejoramiento ha sido efectivo pero es necesario enfocar como se hace coincidir el potencial de los regímenes termopluviométricos con la fenología del cultivo, mejorando la resistencia a enfermedades, estudiando las relaciones fisiológicas adaptativas y explorando el germoplasma en esa dirección. Los índices de selección y análisis multivariados respondieron bien como herramientas útiles en esas condiciones.

LITERATURA CITADA

Azevedo, D.M.P. de; Lima, E.F.; Batista, F.A.S.; Beltrão, N.E. de M.; Soares, J.J.; Vieira, R. M.; Moreira, J.A.M. (1997). Recomendações técnicas para o cultivo da mamona (*Ricinus communis* L.) no Nordeste do Brasil. Campina Grande: EMBRAPA - CNPA, 39p. (EMBRAPA - CNPA. Circular Técnica, 25).

Hemerly, F.X. (1981). Mamona: Comportamento e tendência no Brasil. Brasília: EMBRAPA – DTC. EMBRAPA – DCT: Documento 2, 69 p.

Mazzani, B. 1983. Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas. Caracas, Venezuela: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. p. 277-360.

Pavón, G. 2011. Estudio de las características botánicas y etnobotánicas de higuierilla (*Ricinus communis* L.). pag. 11-17. Disponible en. <http://publicaciones.pucesi.edu.ec/documentos/libros/cultivos/9-24.pdf>.

Queiroga V. de P.; Beltrão N. E. de M. 2004. Produção e Armazenamento de Sementes de Mamona (*Ricinus communis* L.). Comunicado Técnico 206, Embrapa Algodão. Campina Grande, PB, 7p.

Seara J. (1989). Projeto recuperação da cotonicultura estadual. Fortaleza, pp. 32-39.

Solís-Bonilla, J.L., Zamarripa-Colmenero, A., González-Ávila A., Rico-Ponce H.R., Tapia-Vargas L. M., Teniente-Oviedo R, Zacarías -Gutiérrez M., Cruz Ramírez J.R. y Hernández-Martínez M. 2011. Guía técnica para la producción de higuierilla (*Ricinus communis* L.) en, Chiapas. Folleto Técnico No. 25. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas. México. 59 p.

Scholz, V. e Da Silva Nogueira, J. 2007. Óleo de mamona como combustível: fatos, perspectivas e riscos. *Engenharia na Agricultura, Viçosa, MG.* 15(2):168-172.

Távora, F.J.A. (1982). *A cultura da mamona.* Fortaleza: EPACE, 111 p.

Zamarripa-Colmenero A, 2011. Informe final de proyecto “Estudio de Insumos para la Obtención de Biocombustibles en México” Convenio de colaboración SAGARPA-INIFAP. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México. 129 p.

Zamarripa C. A., Solís B. J. L., Riegelhaupt E. M., Martínez V. B.B., Hernández C. M. 2012. Balance de emisiones de gases de efecto invernadero del cultivo de higuierilla en la producción de biodiesel en México. V Congresso Brasileiro de Mamona / II Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas & I Fórum Capixaba de Pinhão Manso, Guarapari (ES). P. 1.

CAPÍTULO VI

INTERACCIÓN GENOTIPO AMBIENTE DE VARIEDADES DE HIGUERILLA

(Ricinus communis L.) EN MONTECILLO Y TUXTLA CHICO.

JOSÉ LUIS SOLÍS BONILLA, M.C.

COLEGIO DE POSTGRADUADOS, 2015

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento de grano y la estabilidad de genotipos de higuierilla (*Ricinus communis L.*) en Montecillo, localidad de clima templado y Tuxtla Chico localidad de clima tropical valorando las variedades mediante un índice de selección y por componentes principales. La interacción genotipo-ambiente se estimó con el modelo de efectos principales aditivos e interacciones multiplicativas (AMMI) y estudiando el comportamiento natural de los genotipos a través de los ambientes. El material genético consistió de 12 variedades de higuierilla, dos espontaneas sin mejoramiento y 10 mejoradas. En las no mejoradas se utilizó semillas colectadas en el año 2013 en Montecillo, Estado de México y Zapotiltic, Jalisco. De acuerdo a los índices de selección las variedades solo hubo una variedad que mostro estabilidad en los ambientes de Montecillo Apéndice 5. El modelo AMMI, no resultó efectivo para proporcionar una descripción de la interacción genotipo x ambiente y de la estabilidad de las variedades de higuierilla en la producción de grano dado que las variedades que detecta no concuerdan con los resultados ni de los índices de selección ni con el comportamiento natural de los genotipos a través de los ambientes, como se infiere del hecho que las variedades que presentaron interacción genotipo ambiente más baja fueron V5 (*Riric10*), V6 (*Riric19*), 7 (*Riric29*) y 8 (*Riric274*).

Palabras claves: *Ricinus communis*, variedades, estabilidad, producción.

INTRODUCCIÓN

La expresión fenotípica o el rendimiento, depende de tres factores: uno genético (G), otro ambiental (E), y la interacción (G x E) y cualquier cambio, cualitativo o cuantitativo, en estos factores, producirá un efecto fenotípico diferente; es por esto que los llamamos generalmente factores de variabilidad; o para casos específicos, como el de un genotipo dado en un ambiente específico, se denomina factores de producción (Bucio, 1969).

En programas de mejoramiento genético, es importante definir cuáles son los genotipos sobresalientes en cuanto a rendimiento, adaptación y estabilidad, evaluando estas propiedades en multiambientes (Cossa *et al.*, 2006). Las condiciones limitantes como la precipitación, la presencia de heladas y los diferentes tipos de suelo existentes, hacen que cada uno de los genotipos evaluados tenga respuestas diferenciales a cada estímulo ambiental. La interacción genotipo/ambiente (IGA) es el comportamiento relativo diferencial que presentan los genotipos bajo diferentes ambientes. Se entiende por ambiente al complejo climático, edáfico y tecnológico que actúa sobre los genotipos (Márquez 1974; Cruz 1990). La falta de significancia en la IGA indica que una localidad en un solo año sería suficiente para identificar genotipos con mayor potencial genético; no obstante, la presencia de significancia indica que algún genotipo no mantuvo su diferencia en la magnitud de la variable de respuesta en relación con otro genotipo, para alguno de los ambientes de prueba y puede resultar difícil identificar los mejores genotipos a través de ambientes (Kang 2001).

La adaptación se puede describir tanto en sentido amplio, como en sentido específico. La adaptación en sentido amplio, se refiere al mejor comportamiento relativo de un genotipo en la mayoría de los ambientes de prueba, mientras que, la adaptación en sentido específico, la origina el genotipo con mejor comportamiento relativo en un determinado ambiente de prueba (Cooper *et al.*, 1999). La estabilidad permite al genotipo ajustar su capacidad productiva a la más amplia variación ambiental (Lin *et al.*, 1986).

Muñoz *et al.*, 1976 discuten que en los maíces criollos en México se observa que la adaptabilidad tiene dos sentidos: adaptación vertical y adaptación horizontal; puede considerarse la primera como aquella que presenta variedades rendidoras en localidades diferentes. Lo anterior significa que la adaptación horizontal podría ser sinónimo de adaptabilidad o adaptación general, y adaptación vertical semejante a los conceptos de adaptación específica o adaptabilidad específica.

Por su parte, Fuentes *et al* (2005) mencionan que cuando un genotipo es evaluado en distintas condiciones ambientales (años, localidades y/o épocas de siembra) puede presentar dos tipos de adaptación; general o específica. Donde un genotipo tiene adaptación general cuando muestra un mejor comportamiento relativo en la mayoría de los ambientes en los que es evaluado. Por el contrario, un genotipo presenta adaptación específica cuando muestra tener mejor comportamiento relativo en un determinado ambiente.

La adaptabilidad de un individuo se mide por su capacidad de generar descendencia reproductiva, especialmente si esta capacidad se conserva durante varias generaciones (Stebbins, 1978; Leo, 1986). La estabilidad del RG trata de explicar el ajuste de los genotipos a los cambios de estímulos ambientales cuando se evalúan en diferentes ambientes. El genotipo estable, es aquel que tiene la variabilidad mínima posible, cuando se desarrolla en diferentes ambientes (Márquez, 1973).

El estudio de la interacción genotipo x ambiente (GE) es muy importante, pues esta es el resultado de la respuesta de cada genotipo frente a las variaciones ambientales (Crossa *et al.*, 1990). Cuando ésta es alta, se dificulta el proceso de selección y recomendación de genotipos sobresalientes y estables. Al respecto, se han desarrollado procedimientos univariados (Yates y Cochran, 1938; Finlay y Wilkinson, 1963; Eberhart y Russell, 1966) y multivariados para estimar la estabilidad y la interacción genotipo ambiente (G x A) (Mandel, 1971; Brennan *et al.*, 1981)

Bucio (1966) desarrolló un modelo para medir el componente de interacción genotipo-ambiente en *Nicotiana rustica*, usando una ecuación de regresión lineal, determinando que una variedad interacciona menos con el ambiente cuando la pendiente tienda a 0, sea ésta positiva o negativa. Por su parte Molina, 1992; Eberhart y Russell, 1966, introdujeron el concepto de estabilidad de una variedad en diferentes

ambientes, sólo que para estos investigadores la estabilidad se da cuando la pendiente de regresión es cercana a 1 a través de un índice o gradiente ambiental.

Márquez (1976) discute las dos metodologías y concluye que ambos procedimientos miden el mismo componente de interacción, pero en escalas diferentes. La definición convencional de estabilidad implica que el valor genotípico cambia igualmente con el ambiente (Rodríguez *et al.*, 2002). Para el mejorador, el concepto de estabilidad en la calidad o respuesta al ambiente representa los cambios fenotípicos del genotipo a través de ambientes diferentes que afectan la eficiencia de la selección (Peña *et al.*, 2002).

Los métodos multivariados son más adecuados para evaluar la estabilidad porque permiten describir e interpretar los efectos de la interacción G x A (Gauch y Furnas, 1991). El modelo de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (AMMI: additive main effects and multiplicative interactions) es uno de los más empleados para estimar la interacción G x A (Zobel *et al.*, 1988; Crossa *et al.*, 1990; Chisi *et al.*, 1996; Brancourt-Hulmel y Lecomte, 2003), ya que considera que los efectos de los factores principales (genotipos y ambiente) son aditivos y lineales, lo que permite estimarlos a través del análisis de varianza; mientras que la interacción G x A tiene efectos multiplicativos que pueden ser explicados por el análisis de componentes principales (ACP).

Diversas investigaciones han demostrado que un modelo estadístico óptimo para el análisis de estabilidad y la interacción genotipo x ambiente (IGA) es el modelo AMMI (Córdova, 1992). En el cultivo de maíz, este modelo ha demostrado su eficiencia en la selección de genotipos con énfasis en el rendimiento; Oikeh *et al.* (2004). Por otro lado Yan *et al.*, (2000), menciona que la herramienta básica para interpretar los resultados obtenidos del análisis AMMI, es utilizar los efectos combinados de genotipos (G) y de interacción genotipo por ambiente (IGE) en la evaluación del rendimiento, obteniéndose los gráficos denominados *Biplot* (GGE; genotipo G + interacción genotipo x ambiente GE), que facilitan la identificación visual de los genotipos y los ambientes de evaluación.

Los gráficos GGE biplot se confeccionan utilizando los dos primeros componentes principales (CP1 y CP2). Así, el genotipo que está en el vértice es el que responde mejor en esos ambientes (Yan *et al.*, 2001) con respecto a los ambientes, estos mismos autores señalan que los ambientes cuyos ángulos sean menores

a 90° clasificarán a los genotipos de manera semejante. Por su parte, Eeuwijk (2006) indica que un ángulo menor de 90° o mayor de 270° entre el vector de un cultivar y un vector de sitio indican que el cultivar tiene una respuesta positiva al sitio de prueba. Una respuesta negativa del cultivar es indicada con ángulos mayores de 90° y menores de 270°. Así, los genotipos que se encontraron más cerca al origen en el gráfico Biplot, son los genotipos que interaccionan menos con el ambiente y son por lo tanto los más estables, mientras que los más alejados mostraron mayor variación en su comportamiento, por ende más inestables. Hernández y Crossa, (2000), indican y ejemplifican la ventaja de la gráfica AMMI Biplot para explicar la interacción genotipo-ambiente. Según Yan *et al.* (2000) dada la necesidad de evaluar a los genotipos en un limitado número de ambientes, la mejor localidad puede ser la que disponga de altos valores del componente principal uno (CP1) y pequeños valores de componente principal dos (CP2). Crossa et al. (1991) señalan también que localidades con valores CP1 cercanos a cero tienen poca interacción y baja discriminación de genotipos. Por todo lo anterior, el objetivo de este trabajo fue estudiar la interacción genotipo ambiente de un grupo de variedades de higuierilla en cuatro ambientes: Montecillo siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013 (A1), Montecillo siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014 (A2), Montecillo siembra de julio ciclo 1 julio-diciembre de 2013 (A3), Montecillo siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014 (A4) y Tuxtla Chico, siembra de julio ciclo julio 2013 a septiembre de 2014 (A5). Comparado con el método de Muñoz (1975) basado en el comportamiento natural de los genotipos a través de los ambientes, con el comportamiento de los índices de selección (IS) de los genotipos a través de los ambientes y con el análisis multivariado de componentes principales (Apéndice 5)

MATERIALES Y MÉTODOS

La información referente a los experimentos se establece en el apartado “Materiales y Métodos” de los capítulos I, II, III, IV y VI. Para el uso del método AMMI, en vista que en el ambiente Montecillo siembra de abril ciclo 1 julio-diciembre de 2014 (A3) por la helada no fue posible la producción de grano, los análisis se concentran en los valores de rendimiento (g p^{-1}) de los ambientes que se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características de cuatro ambientes en la evaluación de 12 variedades de higuierilla.

Ambiente	Altitud (msnm)	Suelo	pH	M.O. (%)	Fecha de siembra	pp (mm)	Temp (°C)	
							Max	Min
Montecillo, siembra de abril, ciclo 1 (A1)	2240	Franco arenoso	7.9	2.98	06/04/2013	639	24	8
Montecillo, siembra de abril, segundo ciclo (A2)	2240	Franco arenoso	7.9	2.98	Rebrote 01/03/2014	858	24	7
Montecillo siembra de julio, ciclo 2 (A4)	2240	Franco arenoso	7.8	2.05	16/07/2013 con rebrote 01/03/2014	858	24	7
Tuxtla Chico siembra de Julio, ciclo 1 (A5)	435	Franco	5.1	7.5	26/07/2013	7585	30	19

Se evaluó la producción de grano (g p^{-1}). Los datos se analizaron mediante un diseño factorial con dos factores, variedades y ambientes, bajo un arreglo de parcelas divididas en donde los ambientes correspondieron a las parcelas grandes y las variedades las subparcelas. El modelo es el siguiente:

$$Y = \text{Rep} + \text{Amb} + \text{Error } a + \text{Var} + \text{Var} \times \text{Amb} + \text{Error } b$$

Dónde: Y=variación total de la variable respuesta; Rep = variación de repeticiones; Amb = variación de ambientes; Error a = variación asociada a parcelas grandes; Var = variación de las variedades; Var x Amb = interacción de variedades por ambientes; Error b= variación asociada a subparcelas.

Con el fin de homologar la información, la interacción genotipo-ambiente se valoró en 11 variedades presentes en los cuatro ambientes empleando métodos multivariados, y el modelo AMMI (Zobel *et al.*, 1988). Se emplearon las rutinas de programación AMMI descritas por Vargas y Crossa (2000) bajo el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + e_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \alpha_{ik} \gamma_{jk} + E_{ij}$$

Dónde: Y_{ij} = rendimiento del i-ésimo genotipo en el j-ésimo ambiente; μ = media general; g_i = efecto del i-ésimo genotipo; e_j = efecto del j-ésimo ambiente; λ_k = raíz cuadrada del vector característico del k-ésimo eje del ACP; α_{ik} = calificación del ACP para el k-ésimo eje del i-ésimo genotipo; γ_{jk} = calificación del ACP para el k-ésimo eje del j-ésimo ambiente; E_{ij} = valor del error.

Para el método de Muñoz (1975) basado en el comportamiento natural de los genotipos a través de los ambientes se graficaron los rendimientos de las variedades a través de los ambientes ordenados de mayor a menor potencial e interpretaron dichos comportamientos (Figura 1 de este capítulo). Para juzgar la estabilidad mediante el uso de los índices se detectaron los genotipos sobresalientes a través de los ambientes mismos que se consignan en el Apéndice 5. Para juzgar la estabilidad por componentes principales y comparar las variedades detectadas sobresalientes derivadas de la aplicación de este método se compararon con las variedades sobresalientes usando índices (Apéndice 5).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis con ambientes y variedades

En el análisis de variación, se detectó significancia en repeticiones, ambientes y variedades así como para la interacción variedades x ambiente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cuadrados medios y significancia de rendimiento de grano en cuatro ambientes.

FV	GL	CM
Repeticiones	3	4120631.1**
Ambientes	3	110039235.1**
Error a	7	54276.3
Variedades	11	2269983.0**
Var x Amb	31	686098.4**
Error b	38	60506.4
CV		42.52
R ²		0.89

FV=fuente de variación, GL= grados de libertad, ** Diferencias significativas a 0.01 de probabilidad, * diferencias significativas a 0.05 de probabilidad ns = no significativo

Comparación de medias de variedades

Esta comparación se ilustra en el Cuadro 3, se detectaron siete variedades estadísticamente iguales y superiores.

Cuadro 3. Comparación de medias de rendimiento de las variedades de higuera evaluadas en cuatro ambientes

Var	Rendimiento de grano (g p ⁻¹)	Var	Rendimiento de grano (g p ⁻¹)
1	897 bc	7	867 c
2	776 c	8	1517 a
3	1416 a	9	1285 ab
4	1104 abc	10	1446 a
5	1518 a	11	1002 bc
6	1150 abc	12	765 c

Promedios con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales Duncan ($P \leq 0.05$).

Comparación de medias de ambientes

Las variedades con la letra “a” son las estadísticamente iguales y superiores. En el ambiente Montecillo (A4) se obtuvo la mayor producción de grano (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comportamiento medio de rendimiento de los ambientes ignorando variedades.

Ambiente	Medias de rendimiento de grano (g p ⁻¹)
Montecillo siembra de julio ciclo 2 (A4)	2986 a
Montecillo, siembra de abril ciclo 2 (A2)	1392 b
Montecillo, siembra de abril ciclo 1 (A1)	787 c
Tuxtla Chico siembra de julio (A5)	408 d

Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales según Duncan ($P \leq 0.05$).

Se detectó significancia en repeticiones en los ambientes A2 y A5 (Cuadro 5). En cuanto a variedades no hubo significancia en el ambiente A2.

Cuadro 5. Cuadrados medios y significancia de rendimiento de grano por ambientes de prueba.

FV	GL	Rendimiento de grano (g p ⁻¹)			
		A1	A2	A4	A5
Repeticiones	3	47.50ns	422.22*	83.01ns	137.74**
Variedades	11	90.78*	92.02ns	296.82*	107.93**
CV		31.17	19.6	20.36	23.55
R ²		0.64	0.82	0.52	0.57

*FV=fuente de variación, GL= grados de libertad, A1= Montecillo siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013, A2= Montecillo siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014, A4= Montecillo siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 201, A5 Tuxtla Chico siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014, ** Diferencias significativas a 0.01 de probabilidad, * diferencias significativas a 0.05 de probabilidad ns = no significativo*

Comparación de medias de variedades

Esta comparación se ilustra en el Cuadro 6, en la columna de cada ambiente las variedades con la letra “a” son las estadísticamente iguales y superiores. Se elaboró un índice de selección en el que intervienen los ambientes de prueba, se les asignó un “1” por cada “a” en el renglón de cada variedad. La suma de los “1” constituyó el índice de selección de la variedad. En base a esto, las variedades con el mejor índice fueron la 5 (*Riric10*), 7 (*Riric29*) y 10 (*Riric1*) con valores de 4, lo que refleja buena producción de grano a través de los ambientes sinónimo de adaptabilidad.

Cuadro 6. Comparación de medias del rendimiento de grano e índice de selección de las variedades de higuierilla en los ambientes de prueba.

Var	Rendimiento de grano (g p ⁻¹)				
	A1	A2	A4	A5	IS
1	1102 a	1478 a	1082 c	398 bcd	2
2	663 b	1324 ab	1913 c	464 abc	2
3	585 b	1847 ab	3241 abc	600 a	3
4	868 ab	1906 a	5154 a	401 bcd	3
5	771 ab	1224 ab	3316 abc	433 abc	4
6	794 ab	960 b	3222 abc	394 bcd	3
7	801 ab	1085 ab	3163 abc	575 ab	4
8	1106 a	1862 ab	2856 bc	383 bcd	2
9	914 ab	1262 ab	2658 bc	359 cd	2
10	767 ab	1409 ab	4678 ab	503 abc	4
11	297 b	961 b	2833 bc	220 de	1
12	-	-	1719 c	168 e	0
Media	787.85	1392.64	2986	408	-
⁺ Frec	8	9	6	5	-

A1= Montecillo siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013, A2= Montecillo siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014, A4= Montecillo siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014, A5 Tuxtla Chico siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014, IS=índice de selección.⁺ frecuencia de las variedades sobresalientes en ambientes de prueba. Promedios con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales Duncan ($P \leq 0.05$).

La variación del efecto de los genotipos x ambientes (G x S) se concentran en la Figura 1. Los rendimientos de grano fueron mayores en A4, A2 y A1 que en A5 y sobre todo en A3, lo que refleja una mejor producción en ambientes buenos (información referente en capítulo IV, II y I) que en A5 y A3

ambientes malos, donde las lluvias intensas y ocurrencia de heladas limito la producción (información referente en capítulo III y V). En el 90 % de las variedades se observó un mayor rendimiento de grano en A4, respecto a A2, situación contraria se observó en la variedad 1 (*Riric 269-3*) originaria de Morelia, Michoacán que tuvo rendimiento mayor en A2. El comportamiento en A4, A2 y A1 está relacionado con el nivel altitudinal y precipitación, lo cual indica que entre más seco sea el ambiente en que se desarrolle la higuera, tendrá más posibilidades de expresar su máximo potencial de rendimiento.

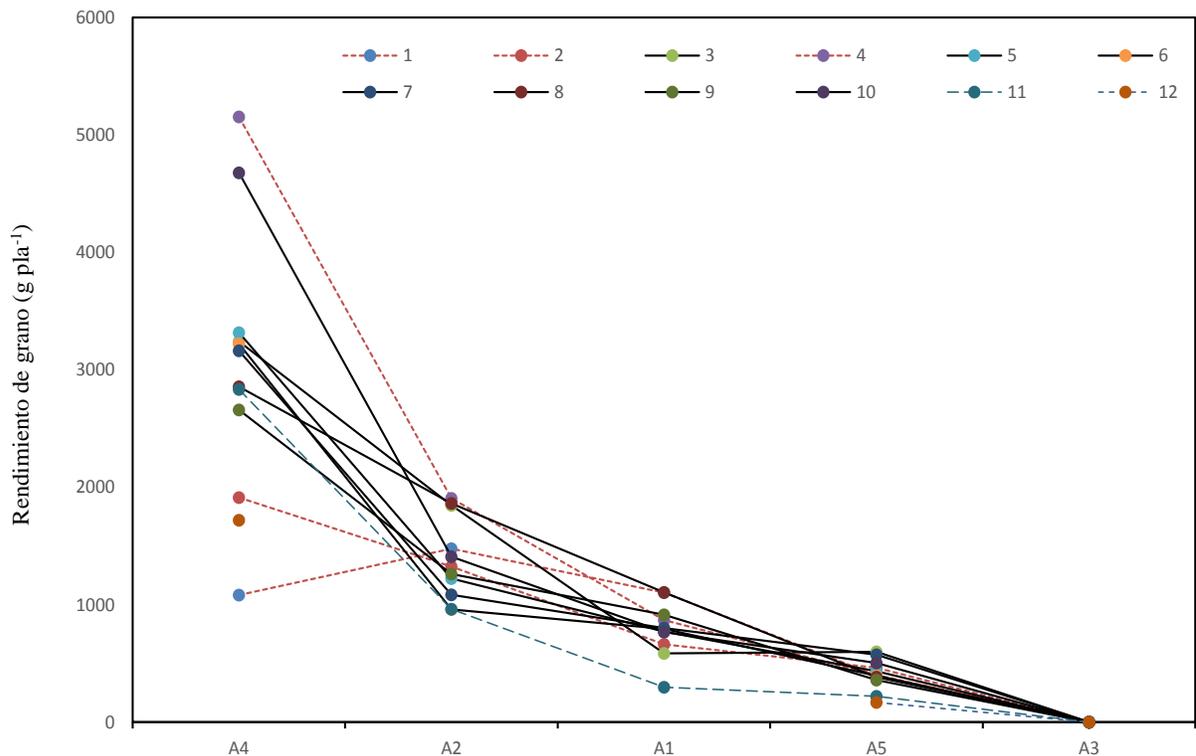


Figura 1. Interacción de variedades de higuera en cuatro ambiente: A1 Montecillo, siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013; A2 Montecillo, siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014; A3 Montecillo siembra de julio ciclo 1 julio-diciembre de 2013; A4 Montecillo siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014; A5 Tuxtla Chico siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014.

Las variedades 4 (*Riric267-2*) y 10 (*Riric267-2*) aumentaron de manera pronunciada en el A4 generando la interacción. La variedad 3(*Riric67-6*) mostró una respuesta positiva al A5 pues incrementó su REN con respecto al resto de las variedades. Las condiciones agroclimáticas en cada ambiente de producción modificaron las características de racimos, frutos y semillas, y consecuentemente el rendimiento de grano en diferente proporción, en función del genotipo de cada variedad.

Modelo de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (AMMI)

Los resultados se sintetiza en el cuadro 7, hubo significancia entre ambientes, genotipos y para la interacción genotipo x ambiente así como en el CP1. No hubo significancia para repeticiones.

Cuadro 7. Cuadrados medios y significancia del rendimiento de grano de 11 variedades de higuera en cuatro ambientes de prueba mediante el modelo AMMI

FV	GL	SC	CM
Repeticiones	2	41.26999	20.63500 ns
Ambientes (A)	3	25298.26359	8432.75453 **
Genotipos (G)	10	2253.91906	225.39191 **
Interacción (G x A)	30	3246.32233	108.21074 **
CP1	12	3021.83	251.819 **
CP2	10	777.8	77.78
Error	241	14473.14553	60.05455
Total Corregido	286	72775.50257	
CV (%)	24.91		
R2	0.80		
Promedio	1221.095		

*FV=fuente de variación, GL= grados de libertad, SC= suma de cuadrados, CM=cuadrados medios** Diferencias significativas a 0.01 de probabilidad, * diferencias significativas a 0.05 de probabilidad ns = no significativo*

La representación gráfica fue obtenida por un Biplot, el cual muestra el patrón producido por la interacción genotipos x ambientes. Se observó que cinco variedades tuvieron rendimientos promedio superiores a la media. Las variedades con valores de CP1 bajos y que interaccionan menos con el ambiente son la 6 (*Riric19*) y 8(*Riric274*) mientras la de mayor interacción es la V1 (*Riric269-3*). Los ambientes A2 y A4 presentaron las mejores condiciones para una óptima producción (Figura 2).

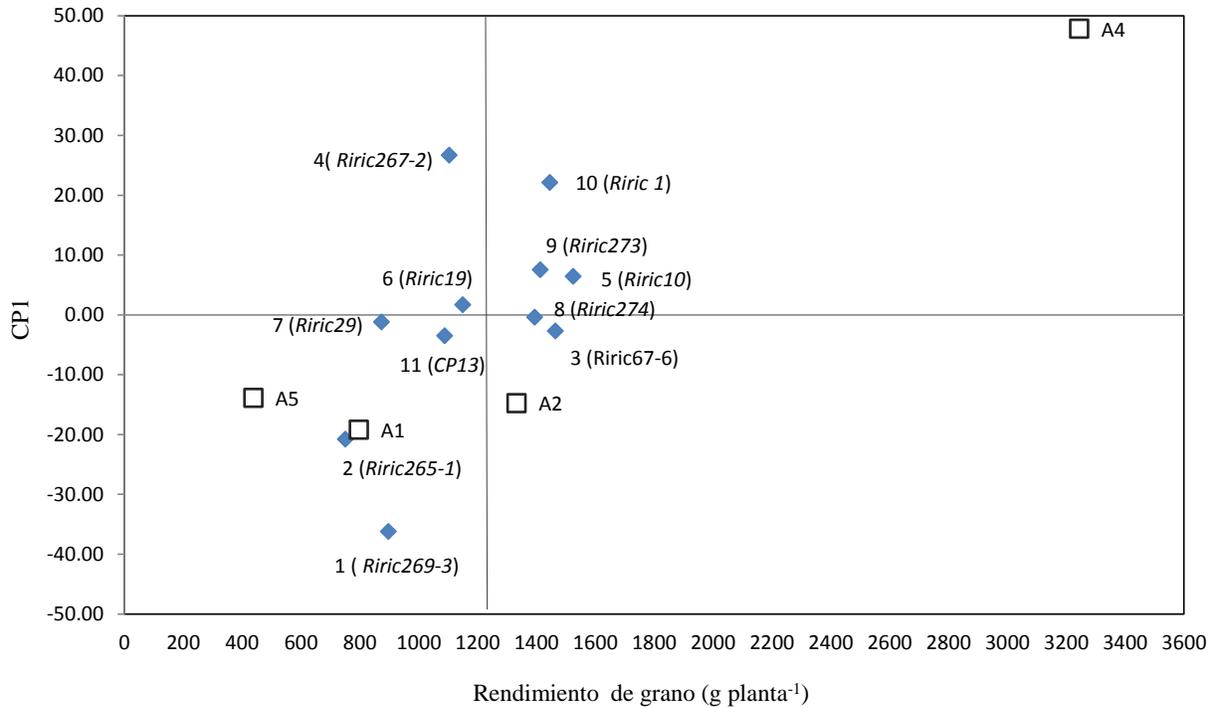


Figura 2. Biplot del CPI en función del rendimiento promedio de 11 variedades de higuera evaluados en cuatro ambientes. Los rombos representan las variedades y los cuadros a los ambientes.

La representación gráfica del AMMI fue obtenida por un Biplot, en la gráfica de CP el desplazamiento a través del eje de la abscisa refleja las diferencias en los efectos principales (genotipos y ambientes), mientras que el desplazamiento a través de la ordenada manifiesta las diferencias en el efecto de las interacciones, los genotipos o ambientes que aparecen en línea perpendicular al eje de la abscisa tienen medias similares, y los que caen en línea horizontal a la abscisa tienen patrones de IGA similares; los genotipos con valores altos ya sean positivos o negativos del CPI presentan una alta IGA y aquellos con valores cercanos a cero tienen baja interacción (Zobel *et al*, 1988; Vázquez *et al.*, 2012). En este contexto, las variedades con baja interacción genotipo ambiente fueron: 5 (*Riric10*), 6 (*Riric19*), 7 (*Riric29*) y 8 (*Riric274*), pero los rendimientos de 7 y 8 fueron ligeramente menores a la media de 1221 g p⁻¹. Las variedades 10 (*Riric1*) y 4(*Riric267-2*) mostraron los rendimientos más altos pero con una elevada interacción genotipo ambiente (Figura 3).

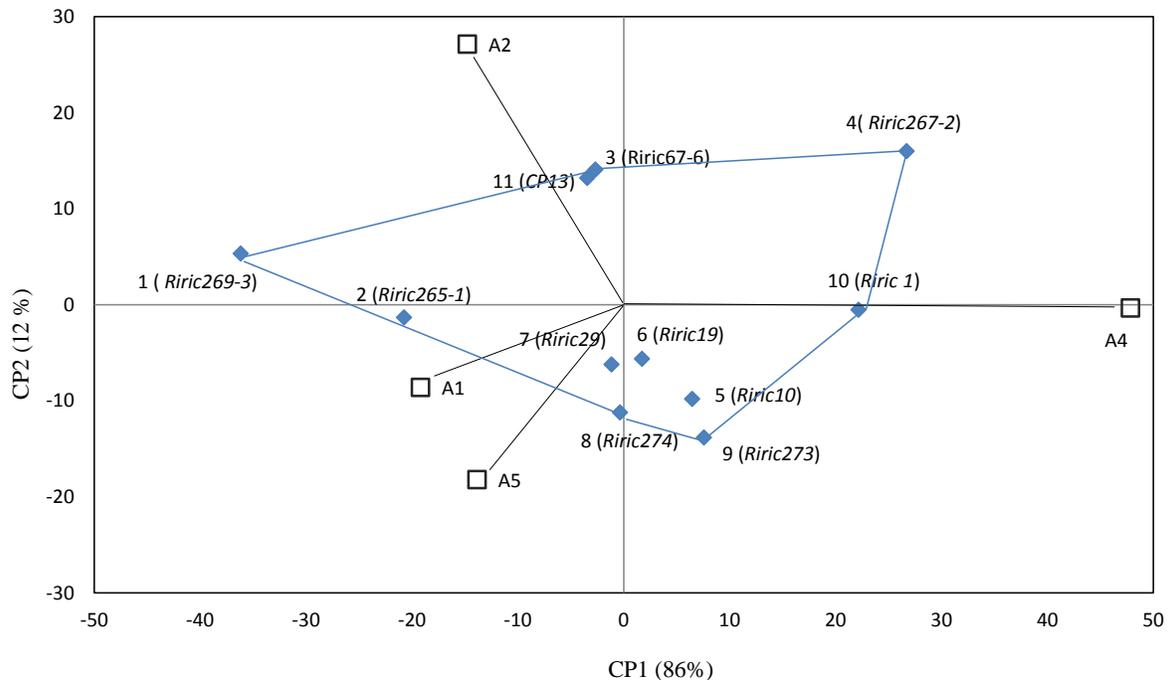


Figura 3. Biplot AMMI de 11 variedades de higuera. Los rombos representan las variedades y los vectores a los ambientes.

Los ambientes A2 y A4 se caracterizaron como de altos rendimientos. El A4, por la longitud de su vector, fue el que mejor discriminó a las variedades, seguido del A2; en cambio, A1 y A5 no discriminaron bien entre variedades. La mejor variedad para el ambiente de A1 fue la 4 (*Riric267-2*), para el A2 las variedades 5 (*Riric10*) y 9 (*Riric273*), para el ambiente A4 la variedad 10 (*Riric1*) y finalmente para el A5 la mejor variedad fue la V7 (*Riric29*). Al comparar estos resultados se aprecia que no hay congruencia entre ellos ni con el comportamiento real de las variedades mostrado en la Figura 1 ni con el análisis de comportamiento de las variedades mediante los índices y mediante componentes principales derivado del análisis de Apéndice 5. Un punto relacionado con la discrepancia es que el AMMI parte de que el modelo es lineal y el comportamiento de los genotipos es curvilíneo (Figura 1). El estudio del comportamiento a través de ambientes es real y permite ver que genotipos son adecuados para ambientes de alto potencial.

CONCLUSIONES

Las variedades de higuera presentan diferentes comportamientos en los ambientes evaluados. De acuerdo a los mejores índices de selección las variedades 5(*Riric10*), 7(*Riric29*) y 10 (*Riric1*) fueron las de mejor adaptación a las condiciones de siembra de los distintos ambientes de prueba.

Con el método de Muñoz (1975) basado en el comportamiento natural de los genotipos a través de los ambientes se apreció de manera clara que genotipos son adecuados para ambientes de alto potencial.

Las variedades con menos IGA de acuerdo al modelo AMMI fueron la V5 (*Riric10*), V6 (*Riric19*), 7 (*Riric29*) y 8 (*Riric274*). No hubo congruencia con los resultados del AMMI y el comportamiento real de los genotipos.

LITERATURA CITADA

Bucio-Alanis L. 1966. Environmental and genotype- environmental components of variability. Inbred lines. *Heredity* 21: 387-397.

Bucio Alanís, Lauro. 1969. Interpretación de la varianza fenotípica cuando se consideran efectos genéticos, ambientales e interacción genético ambiental. *AGROCIENCIA* Vol. 4. Núm. 1. pp. 29-37.

Brancourt-Hulmel M, C Lecomte. 2003. Effect of environmental variates on genotype environment interaction of winter wheat: A comparison of biadditive factorial regression to AMMI. *Crop Sci.* 43:608-617.

Brennan P S, D E Byth, D W Draker, I H De Lacy, D G Butler . 1981. Determination of the location and number of test environments for a wheat cultivar evaluation program. *Austr. J. Res.* 32:189-201.

Cooper M., Podlich. 1999. Genotype x environment interactions, selection response and heterosis. In Coors J. G., Pandey S. (eds.), *The Genetics and Exploitation of Heterosis In Crops*. Crop Science Society of America. CIMMYT. Madison, Wisconsin, USA. pp. 81-92.

Córdova H. S. 1991. Estimación de parámetros de estabilidad para determinar la respuesta de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) a Ambientes Contrastantes de Centroamérica, Panamá y México. *Agronomía Mesoamericana*. 2. 1-10.

Chisi M, P Bramel-Cox, M Witt, M Classen, D Andrews . 1996. Breeding for grain yield stability using full-sib family recurrent selection in sorghum. *Crop Sci.* 36:1083-1085.

Cruz M., R. 1990. Análisis estadístico de la interacción genotipo ambiente. (SEP-DGETAM), Instituto Tecnológico Agropecuario No. 21.

Crossa J., Gauch H. G., Zobel R. 1990. Additive main effect and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. *Crop Science* 30:493-500.

Crossa J, P N Fox, W H Pfeiffer, S Rajaram, H G Gauch Jr. 1991. AMMI adjustment for statistical analysis of two international maize cultivar trials. *Theor. Appl. Genet.* 81:27-37.

Crossa, J., Cornelius P. L. 2000. Modelos lineales bilineales para el análisis de ensayos de genotipos en ambientes múltiples. In: *Simposium: Interacción Genotipo x Ambiente. XIII Congreso Nacional de Fitogenética. Sociedad Mexicana de Fitogenética A.C. 15-20 de octubre. Irapuato, México. pp: 61-88.*

Crossa J., Burgueño J., Cornelius P. L., McLaren G., Trethowan R., Krishnamachari A. 2006. Modeling genotype x environment interaction using additive genetic covariances of relatives for predicting breeding values of wheat genotypes. *Crop Science* 46: 1722- 1733.

Eberhart S A, W A Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6:36-46.

Eeuwijk F. V. 2006. Genotype by Environment Interaction. *Basics and Beyond.* pp. 155-170. In Lamkey K. R., Lee M. eds., *Plant Breeding: The Arnel R. Hallauer. International Symposium. 2003 México city, México.*

Finlay K W, A Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Austr. J. Agric. Res.* 14:742-754.

Fuentes, L. M. R., Quemé W. 2005. Evaluación de híbridos de maíz de grano amarillo y blanco en diferentes ambientes de México y Centro América. Informe del PCCMA Guatemala.

Gauch, H. G. 1992. Statistical analysis of regional yield trials: AMMI Analysis of Factorial Designs. Elsevier Science Publishers, USA. p. 278.

Hernández M, Crossa. J. 2000. El análisis AMMI y la gráfica Biplot em SAS. Disponible en: www.cimmyt.cgiar.org/biometrics.

Kang, M. S. 2001. Genotype-Environment Interaction: Progress and Prospects. In: Quantitative Genetics, Genomics and Plant Breeding. Ed. Manjit S. Kang. CABI Publishing. 2001.

Lin C S, M R Binns, L P Lefkovich. 1986. Stability analysis: Where do we stand? Crop Sci. 26:894-900.

Leo, S.R. 1986. Elements of ecology, 2da ed. New York, Harper & Row. Publishers, 577 p.

Mandel J. 1971. A new analysis of variance model for non-additive data. Technometrics 13:1-18.

Márquez S. F. 1973. Relationship between genotype-environment interaction and stability parameters. Crop Science. 13: 577-579.

Márquez S., F. 1974. El problema de la interacción genético - ambiental en Genotecnia Vegetal. PATENA, A. C. Fitotecnia. Chapingo, México.

Márquez S.F. 1976. El Problema de la Interacción Genotipo-Ambiental en Genotecnia Vegetal. PATENA. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 113 pp.

Molina G. J. D. 1992. Introducción a la Genética de Poblaciones y Cuantitativa (Algunas Implicaciones en Genotecnia). AGT. México. 370 pp.

Muñoz O.A. González H V.A. Livera Muñoz M. López H. A. y Ron P. J. 1976. Mejoramiento de maíz en el CIAMEC. II Ampliación de la base germoplasmica y su aprovechamiento considerando caracteres agronómicos y rendimiento. En: Memoria del sexto congreso nacional de Fitogenetica. SOMEFI, Monterrey, N.L. pp. 113-123.

Oikeh S O, A Menkir, B Maziya-Dixon, R M Welch, R P Glahn, G Gauch. 2004. Environmental stability of iron and zinc concentrations in grain of elite early-maturing tropical maize genotypes grown under field conditions. J. Agric. Sci. 142:543-551.

Peña L. A., Molina G. J.D., Marquez S. F., Sahagún C. J., Ortiz C. J., Cervantes S. T. 2002. Respuestas estimadas y observadas de tres métodos de selección en tomate de cascara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Revista Fitotecnia Mexicana, abril-junio, vol. 25. Número 002, pp. 171-178.

Rodrigues R.F. de O.; Oliveira F. de; Fonseca A.M. As folhas de Palma Christi – *Ricinus communis* L. Euphorbiaceae Jussieu. Revista Lecta. Bragança Paulista, v. 20, n. 2, p. 183-194. 2002.

Stebbins, G. L. 1978. Procesos de la evolución orgánica. Ediciones del Castillo, Madrid.

Vázquez C. M. G., Santiago R. D., Salinas M. Y., Rojas M.I, Arellano V. J. L., Velázquez C. G. A. y Espinosa C. A. 2012. Interacción genotipo-ambiente del rendimiento y calidad de grano y tortilla de híbridos de maíz en valles altos de Tlaxcala, México. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 35 (3): 229- 237.

Yan, W., Hunt L. A., Sheng Q., Szlavnic Z. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on GGE biplot. Crop Science. 40: 597-605.

Yan, W. 2001. GGE-biplot- a Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. *Agronomy Journal*. 93:1111-1118.

Yates F, W G Cochran. 1938. The analysis of groups of experiments. *J. Agric. Sci. (Cambridge)* 28:556–580.

Zobel R. W., Wright M., Gauch H. G. 1998. Statistical analysis of a yield trial. *Agronomy Journal*. 80: 88-397.

DISCUSIÓN GENERAL

Independientemente de la fecha de siembra, los rendimientos fueron mayores en Montecillo localidad de clima más seco y los más bajos en Tuxtla Chico localidad con mayor precipitación. Estos resultados sugieren que las variedades pueden presentar su rendimiento máximo en una latitud de desarrollo más al norte con climas más secos y que las plantaciones que progresivamente se desarrollen a una latitud más al sur y con climas tropicales húmedos tendrán un rendimiento restringido. En los ambientes de Montecillo, el suelo es más arenoso y con buena circulación de los vientos, al contrario en Tuxtla Chico el suelo es más arcilloso y por estar entre la selva tropical subhúmeda, posee un clima más húmedo y cálido.

Se muestra una diferencia considerable de la cantidad de lluvia entre los experimentos de Montecillo y Tuxtla Chico, siendo que en Montecillo (localidad 1) hay menor volumen de precipitación al mes durante la conducción de los experimentos, mientras que en Tuxtla Chico (localidad 2), que se encuentra en la selva tropical, presentó un mayor volumen de precipitación en todos los meses, acumulándose 6727 mm de lluvia más que en Montecillo. Conociendo que las variables climáticas tienen un papel decisivo en el rendimiento de los cultivos, sobre todo la lluvia y la horas expuestas al sol, que son las condiciones del proceso de fotosíntesis, las variedades en Montecillo se favorecieron de manera positiva, ya que en este lugar había un menor volumen de precipitaciones durante la conducción de los experimentos. Sin embargo, el factor más decisivo en estos experimentos fue la aparición de heladas, que tiene una capacidad destructiva en la planta en cualquier etapa.

Las condiciones ecológicas de Montecillo promovieron un mayor crecimiento vegetativo del cultivo, una reducción en los días para floración. Los daños al cultivo por heladas están en función directa con la época de siembra por lo que se debe adecuar la estación del crecimiento del cultivo al periodo libre de heladas y seleccionar el tipo de precocidad adecuada.

Las características en los que más destacaron las variedades en los cuatro ambientes fue en porte bajo, precocidad (DF) así como en tamaño y peso de fruto y semilla en tanto que las variedades no mejoradas *CP13* y *Zajl2* sobresalieron en longitud de racimo (LR) y frutos por racimo (FR) características que pueden agregarse a las mejoradas mediante esquemas de mejoramiento.

Se utilizó un índice de selección, que primero se aplicó en caña de azúcar (Lomelí, 2014; Peralta, 2014), y ahora en este estudio. El índice integró el efecto adaptativo de todas las características en que la variedad muestra respuesta significativa a un ambiente dado. Se observó en los ambientes de prueba cierta adaptación específica de las variedades en estudio, a la adaptación en ese sentido Muñoz *et al.*, (2001), la identifican como adaptación vertical. No obstante, se detectaron variedades de amplia adaptación, a la cual estos mismos autores le llamaron adaptación horizontal. Muñoz *et al.*, (2001) menciona que la adaptación vertical en un nicho ecológico y entre las variedades, es una dimensión aun no utilizada, y representa un enorme potencial genético, que puede ser la base para elevar los rendimientos en los cultivos.

Los índices de selección permitieron precisar las mejores variedades en cada ambiente y concordaron en 75% con lo obtenido por componentes principales. De acuerdo a estos índices y a los CP las variedades mejoradas V2 (*Riric 265-1*), V6 (*Riric19*) y V10 (*Riric1*) fueron las de mejor adaptación en el A1, para el ambiente A2 las variedades V2 (*Riric 265-1*), V3 (*Riric67-6*), V4 (*Riric267-2*) y V10 (*Riric1*) resultaron de mejor adaptación, en el A4 las variedades mejoradas V4 (*Riric267-2*), V5 (*Riric10*) y V10 (*Riric1*) fueron las de mejor adaptación y para A5 la variedad la V3. En cuanto a estabilidad solo la variedad V10 seleccionada en Chiapas la mostró, en los ambientes de Montecillo y no en Chiapas; como tampoco figura usando el método AMMI.

Las variedades con mejor adaptación a las condiciones de siembra de julio en Tuxtla Chico (A4) con base a los índices de selección y componentes principales fue la V3 (*Riric67-6*) y en un segundo término 5(*Riric10*), 6 (*Riric19*), 7 (*Riric29*), 8 (*Riric274*) y 10 (*Riric1*), es probable que el factor más limitante en este ambiente haya sido fue las lluvias intensas.

Aplicando un índice de selección y componentes principales, las variedades mejoradas V5 (*Riric10*), V7 (*Riric29*) y V10 (*Riric1*) fueron las de mejor rendimiento y adaptación. La interacción genotipo-ambiente se estimó con el modelo de efectos principales aditivos e interacciones multiplicativas (AMMI). Este modelo proporcionó una descripción de la interacción genotipo x ambiente. Las variedades con menos interacción G x A fueron V5 (*Riric10*), V6 (*Riric19*), 7 (*Riric29*) y 8 (*Riric274*). Lo que no concordó con los resultados de los índices de selección en donde solo se detectó V10 pero estable solo en los ambientes de Montecillo (Apéndice 5).

Las variedades que sobresalieron tanto en los IS como en los análisis multivariados de componentes principales se en parte a su precocidad (Apéndices 1 al 4) y al mejoramiento genético reflejado en porte de la planta, características de racimo y de semilla, según se concluyó anteriormente.

CONCLUSIONES GENERALES

Todas las variedades estudiadas se desarrollaron vegetativamente bien en condiciones de suelo y clima de Montecillo y Tuxtla Chico; sin embargo, no todas presentan rasgos deseables para una buena producción de grano. En todos los ambientes (A1-A4), todas las variedades fueron evaluadas plenamente, En A3 referente al primer ciclo que se sembró en julio de 2013 no completó el desarrollo debido a la presencia de heladas lo que dio lugar a que no se lograra la fase reproductiva. Pasado el periodo de heladas las plantas retoñaron en abril de 2014 iniciando un segundo ciclo en el que se logró mejor desarrollo que el ciclo 1 (2013) y el 2 (2014) de la siembra de abril de 2013 de Montecillo. Este mejor desarrollo tuvo lugar porque la densidad de siembra fue menor que en A1 y A2 y porque se retrasaron las heladas de finales del ciclo y las que hubo fueron de baja intensidad (Apéndice 1).

En cuanto al índice de selección determinado (IS) es sencillo de aplicarse e informa claramente las variables que determinan el índice lo que permite dirigir mejor el mejoramiento. Así el índice integra el efecto adaptativo de todas las características en que la variedad mostró buena respuesta en un ambiente dado. Las variedades 11 (*CP13*) y 12 (*Zajl2*) no son mejoradas (son espontaneas) y tuvieron los índices más bajos; o sea que entre las mejoradas (1 a 10) se encuentran los índices de mayor valor lo que indica que los índices reflejan el efecto del mejoramiento.

Las variedades V2 (*Riric 265-1*), V6 (*Riric19*) y V10 (*Riric1*) fueron las de mejor adaptación a las condiciones de siembra de abril en Montecillo. En el segundo ciclo del ambiente Montecillo, siembra de abril (A2), las mejores variedades fueron V2 (*Riric 265-1*), V3 (*Riric67-6*), V4 (*Riric267-2*) y V10 (*Riric1*). En el ambiente de Montecillo, siembra de julio ciclo 2 (A4), las variedades V4 (*Riric267-2*), V5 (*Riric10*) y V10 (*Riric1*) fueron las de mejor adaptación a estas condiciones. Según los índices de selección (IS) la variedad que mostró adaptación a los tres ambientes de Montecillos fue la V10 (*Riric1*) oriunda de Cacahoatán, Chiapas. El que la mayoría hayan sido seleccionadas en Chiapas manifiesta que en higuierilla hay amplia adaptación.

La variedad V3 (*Riric67-6*) mostro mejor adaptación, en segundo término las variedades 5(*Riric10*), 6 (*Riric19*), 7(*Riric29*), 8 (*Riric274*) y 10 (*Riric1*) al ambiente de Tuxtla Chico, siembra de julio (A4). En Chiapas solo las originarias de este estado, tuvieron los mayores índices. Lo anterior refleja cierto grado de adaptación específica.

Las variedades que destacaron fueron mejoradas en Chiapas lo que indica que el mejoramiento ha sido efectivo y las características con más frecuencia en estas variedades son: número de racimos por planta (NRP), diámetro polar de fruto (DP), diámetro ecuatorial (DE), peso de fruto (PF) y peso de 100 semillas (PCS) con 10 puntos, en segundo término ancho de semilla (AS) y rendimiento de grano (REN) con nueve puntos y en tercer puesto las características de días a floración (DF) y volumen de semilla (VL) con puntuación de ocho (Apéndice 7).

En los componentes principales, se detectaron como sobresalientes las variedades referenciadas en los índices de selección. De las 10 seleccionadas según los índices ocho lo fueron también por componentes principales. Por los Conglomerado se comprobó que las variedades no mejoradas pertenecen a una población diferente y que las variedades mejoradas 1 a 10 guardan cierto vínculo, lo que da idea del grado de emparentamiento.

COMENTARIOS FINALES

En virtud de la disminución de las reservas probadas de petróleo en el mundo se buscan fuentes alternativas para diversificar la disponibilidad energética de los países y asegurar el abasto nacional. En el caso de México, se depende en 90 % de los recursos no renovables, lo que hace urgente la diversificación energética a fuentes alternas como los Biocombustibles. La demanda nacional e internacional de combustibles sustentables para la aviación que está en constante crecimiento promoverá muchas industrias de aceite y biocombustibles, esto genera una necesidad de información técnica y científica sobre cultivos bioenergéticos como la higuera.

México por ser un país megadiverso, dispone de gran potencial de especies vegetales, que no compiten directamente con la producción de alimentos, que pueden ser utilizadas como fuentes de materia prima para la producción de aceite y biocombustibles. Por ello se requiere evaluar especies y variedades nativas con potencial de uso bioenergético, en las diversas condiciones agroclimáticas del País así como desarrollar cultivares de alto rendimiento y calidad industrial adaptadas a cada nicho ecológico seleccionados a través de programas de mejoramiento genético.

Los resultados de esta investigación indican que existen materiales prometedores que pueden ser futuros cultivares para la producción de aceite y biocombustible, estos materiales seleccionados, con características sobresalientes, constituyen recursos fitogenéticos promisorios. Es recomendable dar seguimiento a estas variedades y utilizarlas en un programa de mejoramiento genético para la generación de cultivares adaptados a nichos ecológicos específicos, lo que contribuirá al desarrollo de la ricinicultura en México. Además del mejoramiento genético, es fundamental el suministro de semillas de calidad para el desarrollo y expansión de la superficie de higuera cultivada en México, una política de precios justos que garanticen buenos ingresos al productor, infraestructura para producción de aceite y biodiesel así como la comercialización de productos al extranjero.

Hubo variedades seleccionadas en Chiapas que sobresalieron en Montecillo y en Chiapas, la mejor fue seleccionada ahí, lo que evidencia la existencia de adaptación tanto amplia como específica. Las variedades espontaneas (no mejoradas) si bien tuvieron bajos índices de selección pero destacaron en características de granos y racimos que pueden ser donadas a las mejoradas. Los recorridos en diferentes direcciones ponen de manifiesto una enorme presencia de variedades espontaneas mismas que pueden ser aprovechadas en programas en las comunidades, a la vez sugieren un extenso programa para captar ese germoplasma y un estudio preciso de los mecanismos adaptativos a tan extensas condiciones.

El periodo de desarrollo del cultivo en Chiapas sembrando en julio utilizó dos etapas de máximas precipitaciones de julio a diciembre 2013 más la precipitación de enero a septiembre 2014 acumulando 7 mil mm. Teniendo la higuera amplia adaptabilidad resulta un desperdicio de potencial ecológico frente a tan extensa dispersión de germoplasma y cobertura adaptativa. La siembra en abril de Montecillo permitió aprovechar dos ciclos si bien el segundo fue menos productivo pero se compensó al implicar ahorro al no requerirse dos siembras. La siembra de julio en Montecillo si bien fue severamente dañada por las heladas pero al retoñar dio una robustez que junto con la protección de barreras rompevientos generó el mayor rendimiento que se observó, en el segundo ciclo, comparando los cuatro ambientes de esta localidad. Esta combinación de respuestas derivadas de la siembra extemporánea en julio reflejan un amplio número de alternativas para adaptar a Valles altos este cultivo; situación que ya se percibe en la amplia presencia de germoplasma en estos valles.

LITERATURA GENERAL CITADA

Albuquerque, N. y M. J. Villalobos. 1996. Estudio de la variación en plantas de una colección de ricino. *Grasas y Aceites* 47(4): 237-241.

Allard, R.w. and Brandshaw, A.P. 1964. Implications of genotype-environment intractions in applied plant breeding. *Crop Sci.* 4:503-508.

Amorim N., M. da S., Araujo, A. E., de., Beltrão, N. E. de M. 2001. Clima e solo. En: Pedrosa de A., M, Lima F., E. Ed. O agronegocio da mamona no Brasil. Embrapa Algodão, Campina Grande. pp. 62-76

Anjani, K. 2012. Castor genetic resources: A primary gene pool for exploitation. *Ind. Crops Prod.* 35:1–14.10.1016/j.indcrop.2011.06.011. doi:10.1016/j.indcrop.2011.06.011

ASA, 2010. <http://biocombustibles.asa.gob.mx/wb/biocombustibles/bioc001>

Azevedo, D.M.P. de; Lima, E.F.; Batista, F.A.S.; Beltrão, N.E. de M.; Soares, J.J.; Vieira, R. M.; Moreira, J.A.M. (1997). Recomendações técnicas para o cultivo da mamona (*Ricinus communis* L.) no Nordeste do Brasil. Campina Grande: EMBRAPA - CNPA, 39p. (EMBRAPA - CNPA. Circular Técnica, 25).

Azevedo, D.M.P.; Lima, E.F. 2001. (ed.). O Agronegócio da mamona no Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 350p.

Barrios G. E., Zamarripa C. A., Canul K. J., Hernandez A. M., Alarcón y Chepetla C. V.H.. 2013. Evaluación de materiales elite de higuierilla en Morelos. *Ciencia y Tecnol. Agrop. México.* 1(2): 27-32.

Beltrão de M., N. E., Oliveira, M. I. P. de, Neto de B., J. F., Amorim C. M., M. L. de, Rocha do S., M., Silva a., W. da, Silva de F., F. V. y Silva de O., F. M. 2010. Comportamento de cultivares de mamoneira em diferentes altitudes. En: IV Congresso Brasileiro de Manoma e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas. Memorias. Joao Pessoa, PB, p. 1218 – 1223.

Billings W.D. 1952. The environments complexes in relation to plant growth and distribution. The quarterly review of biology 27(3) : 251-265

Brancourt-Hulmel M, C Lecomte. 2003. Effect of environmental variates on genotype environment interaction of winter wheat: A comparison of biadditive factorial regression to AMMI. Crop Sci. 43:608-617.

Brennan P S, D E Byth, D W Draker, I H De Lacy, D G Butler . 1981. Determination of the location and number of test environments for a wheat cultivar evaluation program. Austr. J. Res. 32:189-201.

Brigham, R.D. 1993. Castor: Return of an old crop. In J. Janick and J.E. Simon (eds.) New crops. John Wiley & Sons, New York. p. 380–383.

Bucio-Alanis L. 1966. Environmental and genotype- environmental components of variability. Inbred lines. Heredity 21: 387-397.

Bucio Alanís, Lauro. 1969. Interpretación de la varianza fenotípica cuando se consideran efectos genéticos, ambientales e interacción genético ambiental. AGROCIENCIA Vol. 4. Núm. 1. pp. 29-37

Campuzano D. L. F. 2000. Adaptación y su relación con la selección natural y el mejoramiento de poblaciones. Revista de Ciencias Agrícolas v.17 fasc.1 p.227 – 231

Carvalho, B.C.L. 2005. Manual do cultivo de mamona. Salvador: EBDA, 65 p. il.

CASTOROIL.IN. 2010. Comprehensive castor oil reporte. A report on castor oil & castor oil derivates. Updated – November Clixoo. Tamilnadu, India. 203 p.

Chisi M, P Bramel-Cox, M Witt, M Classen, D Andrews . 1996. Breeding for grain yield stability using full-sib family recurrent selection in sorghum. *Crop Sci.* 36:1083-1085.

Cooper M., Podlich. 1999. Genotipe x environment interactions, selection response and heterosis. In Coors J. G., Pandey S. (eds.), *The Genetics and Exploitation of Heterosis In Crops*. Crop Science Society of America. CIMMYT. Madison, Wisconsin, USA. pp. 81-92.

Córdova H. S. 1991. Estimación de parámetros de estabilidad para determinar la respuesta de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) a Ambientes Contrastantes de Centroamérica, Panamá y México. *Agronomía Mesoamericana*. 2. 1-10.

Crossa J., Gauch H. G., Zobel R. 1990. Additive main effect and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. *Crop Science* 30:493-500.

Crossa J, P N Fox, W H Pfeiffer, S Rajaram, H G Gauch Jr. 1991. AMMI adjustment for statistical analysis of two international maize cultivar trials. *Theor. Appl. Genet.* 81:27-37.

Crossa, J., Cornelius P. L. 2000. Modelos lineales bilineales para el análisis de ensayos de genotipos en ambientes múltiples. In: *Symposium: Interacción Genotipo x Ambiente*. XIII Congreso Nacional de Fitogenética. Sociedad Mexicana de Fitogenética A.C. 15-20 de octubre. Irapuato, México. pp: 61-88.

Crossa J., Burgueño J., Cornelius P. L., McLaren G., Trethowan R., Krishnamachari A. 2006. Modeling genotype x environment interaction using additive genetic covariances of relatives for predicting breeding values of wheat genotypes. *Crop Science* 46: 1722- 1733.

Cruz M., R. 1990. Análisis estadístico de la interacción genotipo ambiente. (SEP-DGETAM), Instituto Tecnológico Agropecuario No. 21.

Domingo, W.E., Crooks, D.M., 1945a. Investigation with the castor-bean plant. I. Adaptation and variety tests. *J. Am. Soc. Agron.* 37, 750–762.

Domingo, W.E., Crooks, D.M., 1945b. Investigation with the castor-bean plant. II. Rate-of-planting and date-of-planting tests. *J. Am. Soc. Agron.* 37, 812–820.

Eberhart S A, W A Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6:36-46.

Euwijk F. V. 2006. Genotype by Environment Interaction. Basics and Beyond. pp. 155-170. In Lamkey K. R., Lee M. eds., *Plant Breeding: The Arnel R. Hallauer. International Symposium. 2003 México city, México.*

Egli, D.B., R.A. Wiralaga, and E.L. Ramseur. 1987. Variation in seed size in soybean. *Agronomy Journal* 79:463-467.

Falasca, S. L., Ulberich, A. C., Ulberich, E. 2012. Developing an agro-climatic zoning model to determine potential production areas for castor bean (*Ricinus communis* L.). En: *Industrial Crops and Products.* 40: 185– 191.

Fanan, S., P.F. Medina, and M.B.P. Camargo. 2009. Description of agronomic characteristics and harvest time evaluation in the yield of castor bean cultivar IAC 2028. *Bragantia* 68:415-422.

Figueiredo N. A.; F. de Assis; C. Almeida; J. P.G. de Gouveia; M. B. M. Nóbrega; R. M. Carneiro e J. P. Pedroza. 2004. Divergência genética em acessos de mamona (*Ricinus communis* L.) baseada nas características das sementes. *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 4 (2): 15-20.

Finlay K W, A Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Austr. J. Agric. Res.* 14:742-754.

Fuentes, L. M. R., Quemé W. 2005. Evaluación de híbridos de maíz de grano amarillo y blanco en diferentes ambientes de México y Centro América. Informe del PCCMA Guatemala.

García E. 2005. Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4a ed. UNAM. México, D.F. 217 p.

Gauch, H. G. 1992. Statistical analysis of regional yield trials: AMMI Analysis of Factorial Designs. Elsevier Science Publishers, USA. p. 278.

Hattam, M. and G. Q. Abbasi. 1994. Oil seed crops. Crop production. National Book Foundation Islamabad. pp. 362-366.

Hay, F.R., R.D. Smith, R.H. Ellis, and L.H. Butler. 2010. Developmental changes in the germinability, desiccation tolerance, hardseededness, and longevity of individual seeds of *Trifolium ambiguum*. *Annals of Botany* 105:1035-1052.

Hemerly, F.X. (1981). Mamona: Comportamento e tendência no Brasil. Brasília: EMBRAPA – DTC.
EMBRAPA – DCT: Documento 2, 69 p.

Hernández M, Crossa. J. 2000. El análisis AMMI y la gráfica Biplot em SAS. Disponible en:
www.cimmyt.cgiar.org/biometrics.

IPCC, 2007. IV Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de expertos sobre cambio climático.
World meteorological Organization. UNEP. <http://www.ipcc.ch>.

IPCC, 2011: IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation.
Prepared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change [O. Edenhofer, R.
Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen,
S. Schlömer, C. von Stechow (eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New
York, NY, USA, 1075 pp.

Kang, M. S. 2001. Genotype-Environment Interaction: Progress and Prospects. In: Quantitative Genetics,
Genomics and Plant Breeding. Ed. Manjit S. Kang. CABI Publishing. 2001.

Kittock, D.L., Williams, J.H., 1968. Influence of planting date on certain morphological characteristics of
castorbeans. Agron. J. 61, 401–403.

Kolte, S. J. 1995. Castor: Diseases and crop improvement. 131pp.

Kumar, P.V., Y.S. Ramakrishna, B.V.R. Rao, U.S. Victor, N.N. Srivastava, and A.V.M.S. Rao. 1997.
Influence of moisture, thermal and photoperiodic regimes on the productivity of castor beans (*Ricinus
communis* L.). Agricultural and Forest Meteorology 88: 279-289.

Koutroubas, S. D.; D. K. Papakosta and A. Doitsinis. 1999. Adaptation and yielding ability of castor plant (*Ricinus communis* L.) genotypes in a Mediterranean climate. *European Journal of Agronomy* 11(3-4): 227-237

Lakshamma, P., M. Lakshminarayana, P. Lakshimmi, K. Aivelu, and C. Lavanya. 2009. Effect of defoliation on seed yield of castor (*Ricinus communis*). *Indian Journal of Agricultural Science* 79:620-623.

Lakshmi, P., P. Lakshamma, and M. Lakshminarayana. 2010. Contribution of upper leaves to seed yield of castor. *Journal of Oilseeds Research* 27:209-212.

Leo, S.R. 1986. *Elements of ecology*, 2da ed. New York, Harper & Row. Publishers, 577 p.

Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos. *Diario Oficial de la Federación*, febrero 2008.

Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar. *Diario Oficial de la Federación*, octubre 2008.

Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía. *Diario Oficial de la Federación*, noviembre 2008.

Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. *Diario Oficial de la Federación*, noviembre 2008.

Lin C S, M R Binns, L P Lefkovitch. 1986. Stability analysis: Where do we stand? *Crop Sci.* 26:894-900.

Lomelí-Sandoval Nora Araceli. 2014. Sequía en caña de azúcar, caso Tamazula, Jalisco; análisis sobre cambio climático y diversidad en CINCAE, Ecuador. Tesis de MC Programa de Recursos Genéticos y

Productividad-Genética, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 122 páginas.

Machado, C.G., C.C. Martins, L.B. Silva, and S.C.C. Cruz. 2009. Production and physical characteristics of castor bean seeds affected by raceme and fruit position. *Acta Scientiarum. Agronomy* (31):293-299.

Mandel J. 1971. A new analysis of variance model for non-additive data. *Technometrics* 13:1-18.

Márquez S. F. 1973. Relationship between genotype-environment interaction and stability parameters. *Crop Science*. 13: 577-579.

Márquez S., F. 1974. El problema de la interacción genético - ambiental en Genotecnia Vegetal. PATENA, A. C. Fitotecnia. Chapingo, México.

Márquez S.F. 1976. El Problema de la Interacción Genotipo-Ambiental en Genotecnia Vegetal. PATENA. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 113 pp.

Martínez G. M., Jiménez R. J., Cruz D. R., Juárez A., E., García R., Cervantes A., Mejía H. R., 2002. Los géneros de la familia Euphorbiaceae en México, vol. 73. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica*, pp. 155–281.

Martínez V. B. B., Hernandez C. M., Solís B. J. L., Zamarripa C. A. 2012. Calidad agroindustrial del aceite de higuera (*Ricinus communis* L.) para la producción de bioenergéticos en México. En: V Congresso Brasileiro de Mamona / II Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas & I Fórum Capixaba de Pinhão Manso, Guarapari (ES). P.2.

Mazzani, B. 1983. Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas. Caracas, Venezuela: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. p. 277-360.

Miller, E.A., Quinby, J.R., Langley, B.C., Rothe, J.H., Walzel, J.R., Nelson, R.H., 1952. Castor bean in Texas. Tex. AES Bull., #744, 14 pp.

Molina G. J. D. 1992. Introducción a la Genética de Poblaciones y Cuantitativa (Algunas Implicaciones en Genotecnia). AGT. México. 370 pp.

Moshkin, V.A., and A.P. Alekseev. Ripening of seeds. In: V.A. Moshkin (ed.) 1986. Castor. New Delhi, Amerind.

Muñoz O.A. González H V.A. Livera Muñoz M. Lopez H. A. y Ron P. J. 1976. Mejoramiento de maíz en el CIAMEC. II Ampliación de la base germoplasmica y su aprovechamiento considerando caracteres agronomicos y rendimiento. En: Memoria del sexto congreso nacional de Fitogenetica. SOMEFI, Monterrey, N.L. pp. 113-123.

Muñoz O.A., Cuevas S.J.A., Santacruz V.A., Olvera H.J.I, Taboada G.O. 2001. Diversidad del maíz en los nichos ecológicos y culturales de México. Publicaciones del Programa Nacional de Etnobotánica Serie: Agroecosistemas Número 5.

Nabizadeh E., Taherifard E. and Gerami F. 2011. Effect of pruning lateral branches on four varieties of medicinal castor bean plant (*Ricinus communis* L.) yield, growth and development Journal of Medicinal Plants Research Vol. 5(24), pp. 5828-5834.

Nagabhushanam U., Raghavaiah C.V. 2005. Seeding date and irrigation effects on the productivity and oil quality of postmonsoon grown castor, *Ricinus communis* L. in alfisols. J Oilseeds Res. 22:206-208.

Navas A., A. 2009. Tercer informe técnico de avances proyecto “evaluación de cultivares foráneos y generación de variedades colombianas de higuierilla para la producción de biodiesel y otros usos en la industria”. CORPOICA, Septiembre. 14 p.

Oikeh S O, A Menkir, B Maziya-Dixon, R M Welch, R P Glahn, G Gauch. 2004. Environmental stability of iron and zinc concentrations in grain of elite early-maturing tropical maize genotypes grown under field conditions. J. Agric. Sci. 142:543-551.

ONU, 1997. Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Tokio, Japón. Versión electrónica. 40 p.

Oplinger, E.S., Oelke, E.A., Kaminski, A.R., Combs, S.M., Doll, J.D., Schuler, R.T., 1990. Castorbeans alternative field crops manual. <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/castor.html>>

Pavón, G. 2011. Estudio de las características botánicas y etnobotánicas de higuierilla (*Ricinus communis* L.). pag. 11-17.

Peña L. A., Molina G. J.D., Marquez S. F., Sahagún C. J., Ortiz C. J., Cervantes S. T. 2002. Respuestas estimadas y observadas de tres métodos de selección en tomate de cascara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Revista Fitotecnia Mexicana, abril-junio, vol. 25. Numero 002, pp. 171-178.

Peralta-González Moisés. 2014. Clones de caña de azúcar (*Sacharum spp.*) bajo variaciones hídricas en dos localidades del Golfo de México. Tesis de MC Programa de Recursos Genéticos y Productividad-Genética, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 194 páginas.

Purseglove J.W. 1974. Tropical Crops. Dicotyledons. London, (Longman).

Queiroga V. de P.; Beltrão N. E. de M. 2004. Produção e Armazenamento de Sementes de Mamona (*Ricinus communis* L.). Comunicado Técnico 206, Embrapa Algodão. Campina Grande, PB, 7p.

Rajala, A., P. Mäkelä, S. Muurinen, and P. Peltonen-Sainio. 2009. Spring wheat response to timing of water deficit through sink and grain filling capacity. *Field Crops Research* 114:263-271.

Rico P, H. R., Tapia V. L. M., Teniente O. R., González Á. A., Hernández M. M., Solís B. J.L., y Zamarripa C. A. 2011. Guía para cultivar higuierilla (*Ricinus communis* L.) en Michoacán. Folleto Técnico Núm. 1. INIFAPCIRPAC Campo Experimental Valle de Apatzingán.

Robles. S.R. 1980. Producción de oleaginosas y textiles. Ed.LIMUSA. México. Pag. 507-518.

Rodrigues R.F. de O.; Oliveira F. de; Fonseca A.M. As folhas de Palma Christi – *Ricinus communis* L. Euphorbiaceae Jussieu. *Revista Lecta. Bragança Paulista*, v. 20, n. 2, p. 183-194. 2002.

Rzedowski, G. C. de & J. Rzedowski, 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.

Sadras, V.O., and G.A. Slafer. 2012. Environmental modulation of yield components in cereals: Heritabilities reveal a hierarchy of phenotypic plasticities. *Field Crops Research* 127:215-224.

Sailaja M; Tarakeswari M; Sujatha M. 2008. Stable genetic transformation of castor (*Ricinus communis*) via particle gun-mediated gene transfer using embryo oaxes from mature seeds. *Plant Cell Rep.* 27: 1509-1519.

Salih, S.H. and M. O. Khidir. 1975. Correlations, path analyses and selection indices for castorbean (*Ricinus communis* L.). *Experimental Agriculture* 11:145-154.

Santos C., M., Segura, M., Núñez L., C. E. 2010. Análisis de crecimiento y relación fuente-demanda de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el municipio de Zipaquirá (Cundinamarca, Colombia). En: *Revista Facultada Nacional de Agronomía*. 63(1): 5253-5266.

Sarwar, G. and M. Boota-Chaudhry. 2008. Evaluation of castor (*Ricinus communis* L.) induced mutants for possible selection in the improvement of seed yield. *Span. J. Agric. Res.* 6 (4): 629-634.

Savy F. A. Melhoramento da mamona. In: BORÉM, A. Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa: Editora: Universidade Federal de Viçosa, 1999. p. 383-407.

Scholz, V. e Da Silva Nogueira, J. 2007. Óleo de mamona como combustível: fatos, perspectivas e riscos. *Engenharia na Agricultura, Viçosa, MG.* 15(2):168-172.

Seara J. (1989). Projeto recuperação da cotonicultura estadual. Fortaleza, pp. 32-39.

Sepúlveda G. I. 2012. Bioturbosina. Producción de cultivos energéticos para la aviación comercial. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3(3) p. 579-594

Severino, L.S., M.A.O. Freire, A.M.A. Lucena, and L.S. Vale. 2010. Sequential defoliations influencing the development and yield components of castor plants (*Ricinus communis* L.). Industrial Crops and Products 32:400-404.

Severino, L.S., 2012. Studies on yield components and seed physiology of castor (*Ricinus communis* L.). A dissertation in plant and soil science. Texas Tech University.

Silva, S. D. dos A. 2005. A cultura da mamona na região de clima temperado: informações preliminares. Documento 149, Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS, 33p.

Silva, J.M., Lima, J.R.S., Gouveia Neto, G.C., Souza, C., Silva, I.F., Antonino, A.C.D., Nóbrega, J.A., 2007. Water balance in the castor bean under rainfed conditions in a mountain area in Paraíba, Brazil. Revista Educac, ão Agrícola Superior 22, 57–59.

Soratto, R.P., G.D. Souza-Schlick, B.M.S. Giacomo, M.D. Zanotto, and A.M. Fernandes. 2011. Low-height castor bean row spacing and plant population for mechanical harvest. Pesquisa Agropecuária Brasileira 46:245-253.

Souza, A.S., F.J.A.F. Távora, J.B. Pitombeira, and F.M.L. Bezerra. 2007. Planting time and irrigation management for castor plant. II – effect on growth and productivity. Revista Ciência Agronômica 38:422-429.

Souza-Schlick, G.D, R.P. Soratto, D. Bottino, and A.M. Fernandes. 2012. Growth and yield of short height castor on different row spacings and plant populations. *Interciencia* 37:49-54.

Stachetti-Rodrigues, G.; I. Aparecida-Rodrigues; C.C. de Almeida-Buschinelli; M. A. Viera-Ligo; A. M. Moreno-Pires; R. T. S. Frighetto and L. J. M. Irias. 2007. Socio-environmental impact of biodiesel production in Brazil *J. Technol. Manag. Innov.* 2 (2): 46-66.

Steinmann, V.W., 2002. Diversidad y endemismo de la familia Euphorbiaceae en México. *Acta Botánica Mexicana* 61, 61–93.

Távora, F.J.A. (1982). *A cultura da mamona*. Fortaleza: EPACE, 111 p.

Tobar, H. J. R. 1981. Evaluación de tres densidades de siembra en variedades guatemaltecas e híbridos sur africanos del cultivo de higuerillo (*Ricinus communis* L.). Tesis profesional. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Guatemala 152 p.

Vavilov, N.I. 1992. *Origin and Geography of Cultivated Plants*. Traslated by D. Löve. Cambridge: Cambridge University Press. 498 pp.

Vázquez C. M. G., Santiago R. D., Salinas M. Y., Rojas M.I, Arellano V. J. L., Velázquez C. G. A. y Espinosa C. A. 2012. Interacción genotipo-ambiente del rendimiento y calidad de grano y tortilla de híbridos de maíz en valles altos de Tlaxcala, México. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 35 (3): 229- 237

Vibrans H. Modificado de Mondragón P. J. (2004) 2009. Malezas de México, Ficha *Ricinus communis*. www.conabio.gob.mx/malezasdemexico.

Weiss. E.A. 1983. Oilseed Crops. Longman, London, 660 p.

Yan, W., Hunt L. A., Sheng Q., Szlavnic Z. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on GGE biplot. Crop Science. 40: 597-605.

Yan, W. 2001. GGE-biplot- a Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. Agronomy Journal. 93:1111-1118.

Yates F, W G Cochran. 1938. The analysis of groups of experiments. J. Agric. Sci. (Cambridge) 28:556–580.

Zamarripa-Colmenero, A.; Ruiz-cruz, P. A.; Solís-Bonilla, J.L.; Martínez-Herrera, J.; Olivera-De los Santos, A.; Martínez-Valencia, B. 2009. Biocombustibles: perspectivas de producción de biodiesel a partir de *Jatropha curcas* L. en el trópico de México. Folleto Técnico núm. 12. INIFAP. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México. 46p.

Zamarripa C. A., Solís B. J.L., Martínez V. B. B., Cotoc. B. J.C., 2010. Evaluación y selección de materiales elite de higuera (*Ricinus communis* L.), para la obtención de biocombustibles en México. En: Memoria V Reunión Nacional de Innovación Agrícola, INIFAP. pág. 245.

Zamarripa-Colmenero, A., Solís-Bonilla, J.L., González Ávila A., Teniente-Oviedo R., Martínez-Valencia B.B. y Hernández-Martínez M. 2011. Guía técnica para la producción de piñón mexicano (*Jatropha curcas* L.) en Chiapas. Folleto Técnico No. 26. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas. México. 82 p.

Zamarripa C. A., Solís B. J. L., Riegelhaupt E. M., Martínez V. B.B., Hernández C. M. 2012. Balance de emisiones de gases de efecto invernadero del cultivo de higuierilla en la producción de biodiesel en México. V Congresso Brasileiro de Mamona / II Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas & I Fórum Capixaba de Pinhão Manso, Guarapari (ES). P. 1.

Zobel R. W., Wright M., Gauch H. G. 1998. Statistical analysis of a yield trial. *Agronomy Journal*. 80: 88-397.

Zuchi Jacson. 2008. Características agronômicas de cultivares de mamona em função do ambiente de cultivo. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. 54p.

Zuchi, J., J.C. Zanuncio, G.A.P. Bevilaqua, S.T. Peske, and S.D.A. Silva. 2010. Castor yield components according to floral order and sowing season in the Rio Grande do Sul State. *Revista Ciência Agrônômica* 41:380-386.

APÉNDICES

Apéndice 1. Temperaturas mínimas durante la estación de crecimiento del cultivo, días a floración (DF) y ocurrencia de heladas en el A1: Montecillo siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013.

Días	Temperaturas mínimas ° C											
	A	M	J	J		A	S	O	N	D		
1	8.2	6.4	10.2	7.4		10.8	9.8	7.4	9.9	-0.2	Helada	
2	9.0	6.6	12.8	7.4		11.0	11.9	7.9	12.3	-0.5	Helada	
3	7.4	9.5	13.4	10.8		10.2	11.4	6.9	6.0	1.6		
4	5.6	11.2	10.3	13.7		10.8	12.3	7.4	9.8	5.0		
5	8.0	6.2	6.3	13.5		10.0	V1 y V4 (122 DF)	11.2	8.0	6.7	4.7	
6	7.9	Siembra	6.8	7.5	13.1		8.9	13.4	8.4	4.9	3.3	
7	9.3		8.2	4.9	13.8		11.1	13.0	16.0	5.2	3.6	
8	10.0		9.4	10.4	12.1		10.3	12.5	8.2	4.5	2.4	
9	9.4		12.0	13.0	10.9		8.6	10.7	8.4	4.7	3.6	
10	7.9		11.4	8.8	9.8		7.8	9.9	8.6	7.4	6.4	
11	6.3		10.6	12.4	13.1		12.0	9.9	12.4	8.8	4.0	
12	10.0		10.1	12.0	11.0		9.5	12.9	10.0	10.5	4.2	
13	11.6		12.4	11.7	10.8		9.0	12.6	9.6	6.8	6.3	
14	11.2		11.9	12.5	12.2	V6 (99 DF)	7.9	13.0	7.6	0.9	6.4	
15	6.8		9.6	11.0	9.6	V9 (100 DF)	8.1	12.9	7.0	5.0	9.2	
16	7.8		11.1	9.8	9.0		12.1	13.8	7.0	5.2	-1.9 Helada	
17	9.6		9.6	12.4	10.4		8.0	9.0	8.6	5.4	-4.6 Helada	
18	9.9		10.1	10.8	11.4	V8 (103 DF)	9.0	10.7	8.8	7.8	-4.8 Helada	
19	9.4		10.4	9.4	12.0	V10 (104 DF) y V7	6.8	11.4	9.2	9.0	1.3	
20	6.6		11.6	13.5	10.4		12.1	13.3	11.6	6.8	4.3	
21	8.8		10.8	13.2	11.4		11.9	13.4	10.8	6.9	11.4	
22	8.8		11.0	13.4	12.0	V2 (108 DF)	9.1	13.6	10.2	4.3	4.2	
23	12.9		11.0	13.4	11.4		10.9	12.6	10.0	9.0	4.2	
24	9.0		10.0	12.0	10.4		12.1	11.1	8.9	7.4	3.2	
25	11.9		10.8	11.0	11.6	V3 (111 DF)	10.4	12.2	1.8	5.0	3.6	
26	9.4		12.1	13.2	11.8		12.9	13.2	11.0	5.4	5.7	
27	8.2		11.2	9.5	8.2		11.9	V11 (144 DF)	9.2	10.2	7.4	7.4
28	13.6		9.0	7.7	8.8		12.0	8.6	8.9	2.6	7.6	
29	8.7		10.4	11.8	8.3		10.4	9.4	7.9	1.8	5.5	
30	8.6		11.4	8.6	8.6		9.8	9.2	13.8	0.7	5.2	
31	-		7.4	-	10.4	V5 (117 DF)	13.3	-	10.4	-	6.8	

Marcadas en rojo las mejores variedades

Apéndice 2. Temperaturas mínimas durante la estación de crecimiento del cultivo, días a floración (DF) y ocurrencia de heladas en el A2: Montecillo siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014.

Días	Temperaturas mínimas °C												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1	3.9	2.4	5.7	7.6	7.6	7.4	12.1	8.9	10.4	9.6	3.1	2.2	
2	3.4	3.6	5.6	6.8	9.9	8.8	12.2	8.9	9.2	11.6	1.9	4.3	
3	4.4	3.5	6.0	6.8	7.6	8.9	13.0	7.7	13.3	13.4	4.4	0.6	
4	1.2	4.1	7.9	8.5	7.8	13.5	12.7	11.1	12.5	12.7	8.5	4.4	
5	1.2	-1.6 Helada	8.1	9.2	8.4	12.4	10.2	10.2	10.5	11.4	8.0	1.4	
6	1.9	4.1	3.6	10.6	10.8	13.6	11.5	7.3	9.3	11.8	8.3	1.9	
7	1.2	6.3	5.7	7.2	11.8	13.3	10.4	12.4	7.8	11.1	8.5	1.4	
8	2.6	4.6	8.1	7.6	9.9	14.0	9.8	10.1	11.1	8.9	10.1	1.7	
9	1.0	2.3	6.2	5.9	6.5	10.9	10.1	7.8	10.5	8.5	7.3	1.3	
10	3.4	2.2	9.2	4.4	11.8	12.2	12.4	10.1	11.0	9.6	4.5	4.1	
11	3.2	3.0	8.4	5.1	13.2	10.5	10.0	10.1	10.4	7.4	7.1	5.0	
12	2.2	4.9	3.7	6.0	10.3	9.7	7.6	10.3	10.9	9.7	10.9	7.7	
13	1.8	1.5	4.1	9.2	9.8	9.7	8.8	10.5	10.7	6.8	7.7	7.4	
14	3.8	1.8	8.9	12.9	11.9	13.2	9.1	10.7	11.3	11.2	8.2	8.8	
15	8.5	2.8	6.4	9.2	8.1	10.7	10.1	8.7	8.7	10.0	9.7	5.9	
16	-2.8 Helada	-0.2 Helada	9.6	6.9	4.3	9.6	11.8	10.1	8.5	8.0	9.9	4.6	
17	2.8	0.9	7.4	11.4	5.2	13.1	11.8	9.6	12.2	5.6	5.1	-1.2 Helada	
18	-3.0 Helada	1.9	4.0	8.2	5.1	12.7	12.4	10.9	7.6	12.1	10.2	-1.2 Helada	
19	-1.1 Helada	2.0	8.6	7.6	V10 (50 DF) y V8	4.5	11.7	8.0	12.5	8.4	11.2	5.6	-0.5 Helada
20	-1.0 Helada	5.2	6.9	8.6	V7 y V9 (51 DF)	4.8	13.9	7.6	8.9	7.8	12.6	5.0	-0.1 Helada
21	0.7	6.8	7.6	7.7	V6 (52 DF)	8.8	13.5	7.5	8.7	10.0	11.5	8.7	5.2
22	-2.6 Helada	5.0	7.6	6.8	V3 (53 DF)	10.1	13.9	8.9	7.9	9.9	10.0	8.5	5.2
23	1.5	6.9	7.4	8.8	V2 (54 DF)	12.9	14.1	8.0	9.2	10.8	9.0	5.7	11.0
24	2.4	5.4	6.5	7.8		12.4	13.1	8.2	9.9	11.6	8.6	5.6	9.6
25	2.6	6.9	8.1	9.7		13.2	13.4	8.7	10.3	11.8	10.7	8.4	6.4
26	2.4	7.2	6.9	8.2		11.0	13.8	7.9	8.4	13.0	2.9	0.9	9.9
27	4.0	9.2	11.5	11.7	V5 (58 DF)	12.3	12.9	8.2	6.8	13.7	3.7	-3.0 Helada	5.8
28	5.4	3.9	6.6	7.7	V1 (59 DF)	12.6	12.6	9.7	6.4	12.5	4.2	-2.8 Helada	5.0
29	9.3	-	8.6	10.6	V4 (60 DF) y V11	12.6	9.0	7.2	6.1	13.5	1.7	-1.4 Helada	-1.0 Helada
30	3.0	-	11.0	11.8		12.1	12.6	11.6	10.8	12.8	2.0	-1.8 Helada	4.1
31	1.8	-	5.9	-		12.6	-	8.4	13.2	-	7.1		5.1

Marcadas en rojo las mejores variedades

Apéndice 3. Temperaturas mínimas durante la estación de crecimiento del cultivo, días a floración (DF) y ocurrencia de heladas en el A4: Montecillo siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014.

Días	Temperaturas mínimas ° C												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1	3.9	2.4	5.7	7.6	7.6	V10 (62 DF)	7.4	12.1	8.9	10.4	9.6	3.1	2.2
2	3.4	3.6	5.6	6.8	9.9	V9 (63 DF)	8.8	12.2	8.9	9.2	11.6	1.9	4.3
3	4.4	3.5	6.0	6.8	7.6	V6 y V8 (64 DF)	8.9	13.0	7.7	13.3	13.4	4.4	0.6
4	1.2	4.1	7.9	8.5	7.8		13.5	12.7	11.1	12.5	12.7	8.5	4.4
5	1.2	-1.6 Hel	8.1	9.2	8.4	V2 (66 DF)	12.4	10.2	10.2	10.5	11.4	8.0	1.4
6	1.9	4.1	3.6	10.6	10.8		13.6	11.5	7.3	9.3	11.8	8.3	1.9
7	1.2	6.3	5.7	7.2	11.8	V3 (68 DF)	13.3	10.4	12.4	7.8	11.1	8.5	1.4
8	2.6	4.6	8.1	7.6	9.9	V5 (69 DF)	14.0	9.8	10.1	11.1	8.9	10.1	1.7
9	1.0	2.3	6.2	5.9	6.5		10.9	10.1	7.8	10.5	8.5	7.3	1.3
10	3.4	2.2	9.2	4.4	11.8	V4 (71 DF) y V11	12.2	12.4	10.1	11.0	9.6	4.5	4.1
11	3.2	3.0	8.4	5.1	13.2		10.5	10.0	10.1	10.4	7.4	7.1	5.0
12	2.2	4.9	3.7	6.0	10.3	V12 (73 DF)	9.7	7.6	10.3	10.9	9.7	10.9	7.7
13	1.8	1.5	4.1	9.2	9.8		9.7	8.8	10.5	10.7	6.8	7.7	7.4
14	3.8	1.8	8.9	12.9	11.9	V1 (75 DF)	13.2	9.1	10.7	11.3	11.2	8.2	8.8
15	8.5	2.8	6.4	9.2	8.1		10.7	10.1	8.7	8.7	10.0	9.7	5.9
16	-2.8 Hel	-0.2 Hel	9.6	6.9	4.3		9.6	11.8	10.1	8.5	8.0	9.9	4.6
17	2.8	0.9	7.4	11.4	5.2		13.1	11.8	9.6	12.2	5.6	5.1	-1.2 Hel
18	-3.0 Hel	1.9	4.0	8.2	5.1		12.7	12.4	10.9	7.6	12.1	10.2	-1.2 Hel
19	-1.1 Hel	2.0	8.6	7.6	4.5		11.7	8.0	12.5	8.4	11.2	5.6	-0.5 Hel
20	-1.0 Hel	5.2	6.9	8.6	4.8		13.9	7.6	8.9	7.8	12.6	5.0	-0.1 Hel
21	0.7	6.8	7.6	7.7	8.8		13.5	7.5	8.7	10.0	11.5	8.7	5.2
22	-2.6 Hel	5.0	7.6	6.8	10.1		13.9	8.9	7.9	9.9	10.0	8.5	5.2
23	1.5	6.9	7.4	8.8	12.9		14.1	8.0	9.2	10.8	9.0	5.7	11.0
24	2.4	5.4	6.5	7.8	12.4		13.1	8.2	9.9	11.6	8.6	5.6	9.6
25	2.6	6.9	8.1	9.7	13.2		13.4	8.7	10.3	11.8	10.7	8.4	6.4
26	2.4	7.2	6.9	8.2	V7 (57 DF)	11.0	13.8	7.9	8.4	13.0	2.9	0.9	9.9
27	4.0	9.2	11.5	11.7	12.3		12.9	8.2	6.8	13.7	3.7	-3.0 Hel	5.8
28	5.4	3.9	6.6	7.7	12.6		12.6	9.7	6.4	12.5	4.2	-2.8 Hel	5.0
29	9.3	-	8.6	10.6	12.6		9.0	7.2	6.1	13.5	1.7	-1.4 Hel	-1.0 Hel
30	3.0	-	11.0	11.8	12.1		12.6	11.6	10.8	12.8	2.0	-1.8 Hel	4.1
31	1.8	-	5.9	-	12.6		-	8.4	13.2	-	7.1	-	5.1

Hel= heladas, Marcadas en rojo las mejores variedades

Apéndice 4. Precipitación pluvial durante la estación de crecimiento del cultivo y días a floración (DF) en el A5: Tuxtla Chico siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014.

Días	Precipitación pluvial (mm)																
	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A			
1	15.0	1.2	3.0	0.0	21.8	0		0.0	0.0	0.0	7.8	69.2	41.4	46.8	64.0		
2	14.2	1.4	1.8	9.6	4.2	0	V12 (129 DF)	21.2	0.0	4.8	42.4	9.0	57.2	40.4	37.6		
3	98.4	11.8	5.2	5.0	12.4	V3 (100 DF)	0	0.0	0.0	4.4	1.2	4.8	28.4	32.4	0.2		
4	69.0	1.8	34.6	23.6	53.6	0		0.0	0.0	20.6	5.0	5.2	17.0	93.0	2.0		
5	40.2	5.2	29.2	0.0	3.8	0		0.0	0.0	2.0	16.0	31.4	11.0	52.4	32.2		
6	2.6	29.8	5.0	0.0	0.0	0		0.0	0.0	0.2	3.0	1.2	22.0	29.6	8.8		
7	7.2	0.0	3.8	6.8	24.2	0		0.0	0.0	0.0	0.8	17.2	13.8	33.0	14.0		
8	10.6	0.8	0.0	0.2	1.4	0		0.0	0.0	0.0	0.8	8.2	0.2	5.4	16.2		
9	1.0	19.6	14.8	0.0	1.2	0		0.0	0.8	0.0	0.0	80.8	3.0	6.8	0.2		
10	48.4	17.2	16.8	0.6	3.4	0	V1 y V7 (137 DF)	0.0	10.2	0.0	0.0	18.8	0.8	27.8	7.2		
11	5.4	94.2	2.4	0.0	1.6	0		0.0	0.0	11.4	0.0	11.6	14.4	5.4	5.2		
12	1.6	0.2	4.0	0.0	0.0	0	V10 (139 DF)	0.0	0.0	0.0	0.0	11.2	57.8	7.2	0.2		
13	89.0	63.2	57.2	0.0	19.0	0		0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	14.2	0.0	63.2		
14	5.2	27.0	42.4	0.0	0.0	V9 (111 DF)	4.8	0.8	32.8	148.2	0.6	53.2	0.0	41.4	27.0		
15	19.8	7.4	13.2	18.8	46.2	0		0.0	4.6	100.8	0.0	0.8	15.6	0.0	7.4		
16	42.8	43.2	6.0	10.6	58.4	0		0.0	0.0	5.6	0.0	20.0	26.6	10.6	43.2		
17	3.0	46.8	0.2	24.4	15.0	0		0.0	0.0	0.2	31.4	20.2	0.0	18.6	46.8		
18	32.2	55.4	60.4	44.6	21.0	V8 (115 DF)	0	0.0	0.0	0.0	2.0	27.2	23.0	60.2	55.4		
19	4.4	92.0	160.8	23.4	30.4	V5 (116 DF)	0	0.0	12.2	0.0	0.0	8.2	13.0	66.0	92.0		
20	14.4	9.0	1.8	32.2	17.4		19.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	85.4	0.0	9.0		
21	9.8	31.2	1.8	0.8	15.6		0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	66.2	1.0	48.0	31.2		
22	50.6	41.8	0.4	7.6	0.0	V6 (119)	0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	17.6	25.6	41.8		
23	11.2	29.0	0.0	4.6	16.4		0	V11 (150 DF)	0.0	0.0	0.0	0.6	2.4	62.2	2.6	29.0	
24	0.0	24.0	65.0	29.6	0.0	V2 (121 DF)	0	0.0	0.0	0.0	4.0	45.0	11.2	9.8	24.0		
25	0.8	38.0	3.8	25.2	0.0		95.2	0.0	1.2	0.0	5.0	16.4	0.0	72.2	38.0		
26	0.0	siembra	49.6	36.6	0.4	39.2	V4 (123 DF)	0	0.0	3.6	28.4	0.2	12.6	0.0	4.2	49.6	
27	0.2		24.8	25.2	31.4	8.0		0	0.0	0.0	1.0	4.4	17.8	0.0	3.6	24.8	
28	84.4		15.4	45.2	30.0	0.2		0	0.0	18.6	0.0	2.4	29.2	0.0	4.2	15.4	
29	26.6		10.2	11.0	124.4	0.0		0	0.0	-	0.0	12.0	62.4	0.0	100.4	10.2	
30	7.6		38.2	22.0	5.4	0.0		0	0.0	-	0.0	9.0	27.6	0.2	14.6	38.2	
31	31.0		10.6	-	0.6	-		0	0.0	-	25.0	-	49.4	-	65.2	10.6	
AM	746.6		840.0	673.6	459.8	414.4		119.6		22.0	84.0	352.6	148.8	741.0	537.0	927.4	844.6

AM=acumulado mensual, Marcadas en rojo las mejores variedades

Apéndice 5. Índices de selección mejores por ambiente y variedad, mejores por componentes principales y conglomerados de las mejores variedades (Var) probadas en cuatro ambientes (A1, A2, A4 y A5).

No.	Var	Origen	Índices mejores por ambiente				Mejores (Var) Componentes Principales (CP) y por índice (CP)				Agrupamiento o conglomerado a que pertenecen las variedades					
			A1	A2	A4	A5	A1	A2	A4	A5	A1	A2	A4	A5		
1	Riric269-3	Morelia, Mich	8	5	0	2										
2	Riric265-1	Barranca Honda, Mich	13	11	9	7	CP	CP				2	2			G
3	Riric67-6	Frontera Comalapa, Chis	11	11	9	14	CP	CP		CP		2	2			
4	Riric267-2	Uruapan, Mich	9	11	16	5										5
5	Riric10	Unión Juárez, Chis1	11	10	12	11			CP	CP	CP			2	4	G
6	Riric19	Villa Corzo, Chis	15	10	10	10	CP					2				
7	Riric29	Villaflores, Chis	6	4	10	11										
8	Riric274	Unión Juárez, Chis2	9	8	9	11					CP					G
9	Riric273	Cacahoatán, Chis1	7	3	1	1										
10	Riric1	Cacahoatán, Chis2	13	11	14	10	CP	CP	CP	CP		2	2	4		G
11	CP13	Montecillo, EdoMex	3	5	8	2										
12	Zajl2	Zapotiltic, Jal	NI	NI	6	4										

NI=no incluida en este ambiente. A1= Montecillo siembra de abril ciclo 1 abril-diciembre de 2013; A2 Montecillo siembra de abril ciclo 2 enero-diciembre de 2014; A4 Montecillo siembra de julio ciclo 2 enero-diciembre de 2014 y A5 Tuxtla Chico siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014. Nota aclaratoria: los resultados del A3 no se enlistan en el cuadro por los daños de heladas no completo su ciclo, no se registró variables de producción similares a los demás ambientes.

Apéndice 6. Reducción en tanto por uno de las medias de Tuxtla Chico (A%) respecto a las de Montecillo.

	Racimos	Frutos	Tuxtla							
Var	DF		NRP	LR	FR	DP	DE	PF		
				(cm)		(cm)	(cm)	(g)		
Media	125		17.1	14.5	15.7	2.09	2.07	2.82		
⁺ Frec-pc	3		4	1	1	8	8	8		
	Racimos	Frutos	Mont							
Media	67		57.5	27.8	39.6	2.9	3.1	10		
⁺ Frec-pc	8		2	2	1	8	8	8		
	1.86		0.31	0.52	0.4	0.72	0.67	0.28		Reducción
	Seeds	Tuxtla								
Var	LS	AS	GS	RLA	PCS	REN	IS			
	(cm)	(cm)	(cm)		(g)	(g pla ⁻¹)				
Media	1.51	1.15	0.7	1.35	54.13	408				
⁺ Frec	7	6	2	1	5	5				
	seeds	Mont								
Var	LS	AS	GS	VL	RLA	PCS	REN	CDH		
	(cm)	(cm)	(cm)	(ml)		(g)	(g)			
Media	1.7	1.33	0.78	0.79	1.31	77.38	2986	4.6		
⁺ Frec-pc	6	8	8	8	2	8	6	3		
	0.89	0.86	0.9		1.03	0.7	0.14			Reducción
Morfologs	Tuxtla									
Variedades	AP	DT	NR	NH	ADS	LDS	ABS	IS		
	(cm)	(cm)			(cm)	(cm)	(cm)			
Media	87	2.02	6.6	21.6	113	126.9	1.91			
⁺ Frec-pc	1	1	1	3	7	5	6			
Morfologs	Monts									
Var	CDH	AP	NR	NH	ADS	LDS	ABS	IS		
		(cm)			(cm)	(cm)	(cm)			
Media	4.4	235.2	13.4	326.6	358.8	372.5	16.8			
⁺ Frec-pc	1	1	5	3	5	1	2			
		0.37	0.49	0.06	0.31	0.34	0.11			Reducción

Apéndice 7. Resumen general de variedades y variables destacadas

Variables	A1			A2				A4		A5	+Frec-pc
	V2	V6	V10	V2	V3	V4	V10	V4	V10	V3	
	Riric265-1	Riric19	Riric1	Riric265-1	Riric67-6	Riric267-2	Riric1	Riric267-2	Riric1	Riric67-6	
CDH	CNE	CNE	CNE	CNE	CNE	CNE	CNE	1		CNE	1
AP										1	1
DT	1	1	1	CNE	CNE	CNE	CNE	CNE	CNE		3
NR	1	1				1		1	1		5
NH	1	1				1		1	1	1	6
ADS		1				1		1	1	1	5
LDS	1		1		1	1		1		1	6
ABS					1	1		1		1	4
DF	1	1	1	1	1		1		1	1	8
NRP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
LR											0
FR											0
DP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
DE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
PF	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
LS	1	1	1	1			1		1	1	7
AS	1	1	1	1	1		1	1	1	1	9
GS		1	1	1			1	1	1		6
VL	1	1	1	1	1		1	1	1	CNE	8
RLA											0
PCS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
REN		1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
CDH	CNE	CNE	CNE	CNE	CNE	CNE	CNE	1		CNE	1
IS	13	15	13	11	11	11	11	16	14	14	

CNE=característica no evaluada en ese ambiente, +Frec-pc=frecuencia de características

Las variedades más destacadas en A1 fueron V2 de Barranca Honda Michoacán en las variables DT, NR, NH, LDS, DF, NRP, DP, DE, PF, LS, AS, VL y PCS; V6 de Villa Corzo en las variables DT, NR, NH, ADS, DF, NRP, DP, DE, PF, LS, AS, GS, VL, PCS y REN; y V10 de Cacahoatán en las variables DT, LDS, ,DF, NRP, DP, DE, PF, LS, AS, GS, VL, PCS y REN.

En A2 V2 de Barranca Honda Mich en las variables DF, NRP, DP, DE, PF, LS, AS, GS, VL, PCS y REN; V3 de Frontera Comalapa en las variables LDS, ,ABS, DF, NRP, DP, DE, PF, AS, VL, PCS y REN; V4 de Uruapan en las variables NR, NH, ADS, LDS, ABS, NRP, DP, DE, PF, PCS y REN y V10 de Cacahoatán en las variables DF, NRP, DP, DE, PF, LS, AS, GS, VL, PCS y REN

En A4 V4 de Uruapan en las variables CDH, NR, NH, ADS, LDS, ABS, NRP, DP, DE, PF, AS, GS, VL, PCS, REN y CDH y V10 de Cacahoatán en variables NR, NH, ADS, DF, NRP, DP, DE, PF, LS, AS, GS, VL, PCS y REN

Y en A5 V3 de Frontera Comalapa en las variables AP, NH, ADS, LDS, ABS, DF, NRP, DP, DE, PF, LS, AS, PCS, Y REN (Según Apéndice 5 totales de índices por ambiente)